

SRDCE TEPLOVODNÍHO TOPENÍ - HYDRAULIKA

Jauschowitz Rudolf, Prof. Dipl.-Ing.

Hydraulika Herz – srdce teplovodního topení

Vydavatel: Herz Armaturen Ges.m.b.H.

Vydavatelství: vlastní vydavatelství

Úprava, sazba, grafika: Herz Armaturen Ges.m.b.H.

Návrh obálky: Herz Armaturen Ges.m.b.H.

Tisk a sestavení:

3. © rozšířené vydání 2019

**Hydraulika Herz – srdce teplovodního topení
/ Rudolf Jauschowitz**

Vídeň: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2019

Dílo je chráněné autorskými právy

© Herz Armaturen Ges.m.b.H. Vídeň, 2019

PŘEDMLUVA

Základem pro správné fungování ohřevu média v systému vytápění je správné vyprojektování a realizace hydrauliky systému.

Publikace „Hydraulika Herz – srdce teplovodního topení“, kterou napsal prof. Rudolf Jauschowitz, vyšla dosud ve dvou vydáních a stala se oblíbenou knihou pro studenty, odborníky a techniky v tomto oboru.

Byla přeložena do mnoha jazyků, naposledy do gruzínštiny. Díky dostupnosti této knihy v 13 jazycích se prof. Jauschowitz zařadil mezi přední rakouské autory technické literatury. Od druhého vydání přišlo na trh mnoho nových výrobků ve smyslu technického pokroku.

Třetí vydání této knihy obsahuje i automatické vyvažovací ventily, jako např. regulátory tlakové difference, regulátory objemového průtoku, kombinované ventily a rovněž bytové výměňkové stanice a také metody hydraulického vyvážení soustavy v praxi.

Při zachování základní koncepce této knihy doplnila tyto další produktové řady do 3. vydání společnost HERZ Armaturen. Rád bych jim za to výslovně poděkoval.

Doufáme, že se při čtení této knihy dozvíte mnoho užitečných informací a těšíme se na vaše podněty a návrhy pro další vydání této knihy.

Vídeň, srpen 2018
Dr. Gerhard Glinzerer
jednatel společnosti

OBSAH

1	Základy	10
1.1	Základy nauky o teple	10
1.1.1	Zákon zachování energie	10
1.1.2	První zákon termodynamiky (uzavřený systém)	10
1.1.3	Obsah tepla Q_i	10
1.1.4	Všeobecná rovnice pro teplo	11
1.1.5	Výkon P	11
1.1.6	Tepelný výkon = tepelný tok Φ	12
1.1.7	Hmotnostní průtok q_m v závislosti na tepelném toku Φ	12
1.1.8	Účinnost η	13
1.1.9	Stupeň využití η_N	13
1.1.10	Prostup tepla	13
1.2	Základy nauky o proudění (hydraulika)	15
1.2.1	Rovnice kontinuity	15
1.2.2	Dynamický tlak p_d	16
1.2.3	(Hydro)statický tlak p_{st}	16
1.2.4	Hydraulický a ekvivalentní průměr potrubí	18
1.2.5	Reynoldsovo číslo	19
1.2.6	Tření při proudění tekutiny přímým potrubím	20
1.2.7	Součinitel tření v potrubí	20
1.2.8	Tlakový spád na vřazených odporech	21
1.2.9	Tlakový spád na regulačních ventilech a jiných regulačních armaturách	24
1.2.10	Tlakový spád na potrubních úsecích s konstantním průtokovým průřezem	26
1.2.11	Charakteristická křivka systému (charakteristická křivka potrubní sítě)	27
1.2.12	Paralelní zapojení potrubních úseků	29
2	Oběhová čerpadla	33
2.1	Základy, pojmy	33
2.1.1	Průtok čerpadla	33
2.1.2	Dopravní výška čerpadla H	33
2.1.3	Výkon čerpadla	33
2.1.4	Elektrický příkon pohonu čerpadla P_{el} a účinnost čerpadla η_{el}	34
2.1.5	Čistá pozitivní sací výška	35
2.1.6	Zákony afinity	35
2.1.7	Charakteristika a pracovní bod čerpadla	36
2.1.8	Pole charakteristiky čerpadla	37
2.2	Tvar charakteristiky čerpadla	38
2.2.1	Regulovatelná čerpadla	39
2.2.2	Dimenzování čerpadel (čerpadla s elektronicky regulovatelnými otáčkami)	40
2.2.3	Sériové a paralelní zapojení čerpadel	44
2.3	Výběr čerpadel a tepelný výkon otopných těles	45
2.4	Konstrukční typy čerpadel	50
2.4.1	Zabudování čerpadel	51

3	Tlakové diagramy	52
3.1	Tlakové poměry v potrubní síti	52
4	Systém odevzdávání tepla ve vytápěných prostorách	58
4.1	Okrajové podmínky	58
4.2	Dimenzování systémů odevzdávání tepla v prostorech	58
4.3	Výpočtové teploty	59
4.4	Pokyny pro navrhování systémů odevzdávání tepla v prostorách	59
4.5	Podklady na dimenzování systémů odevzdávání tepla v prostorách	59
4.6	Otopná tělesa jako tepelné výměníky	61
4.7	Tepelný výkon otopných těles na vytápění prostor	63
4.7.1	Normový tepelný výkon	63
4.7.2	Snížený výkon otopných těles	63
4.8	Plošné systémy vytápění a chlazení	70
4.8.1	Stěnové vytápění	76
4.8.2	Příslušenství pro plošné systémy	76
4.8.3	Regulace podlahového vytápění nebo stropního chlazení	77
4.8.4	Montáž	77
4.8.5	Tlaková zkouška a uvedení do provozu	77
5	Systém rozvodu tepla	83
5.1	Dimenzování systému rozvodu tepla	83
5.2	Pokyny pro navrhování systému rozvodu tepla	85
5.3	Rozvod tepla v budově	86
6	Systém výroby tepla	87
6.1	Dimenzování systému výroby tepla	87
6.2	Dimenzování podílu tepla na vytápění	87
6.2.1	Projektovaný tepelný příkon budovy Φ_n	87
6.2.2	Výkon výroby tepla	87
6.3	Dimenzování podílu tepla na přípravu teplé vody	88
6.4	Dimenzování podílu tepla pro větrací a klimatizační zařízení	88
6.5	Dimenzování podílu tepla pro další připojené systémy	88
6.6	Zařízení s více kotli	88
6.7	Bytové výměňkové stanice	89
6.8	Továrně vyráběné řešení pro připojení, resp. centrální vyvážení	92
6.8.1	Hotové kombinace připojení pro jednotky fancoil	95
6.8.2	Řídící centra	95
7	Regulace a hydraulické systémy	96
7.1	Základy, pojmy	96
7.1.1	Co je regulace?	96
7.1.2	Struktura a pojmy podle normy ÖNORM H 5012	96
7.1.3	Co je ovládání?	98
7.1.4	Termostatický regulátor, funkce a sestava	101
7.1.5	Regulační ventily, autorita ventilu	103

7.2	Regulace výkonu	104
7.2.1	Regulace směšováním	105
7.2.2	Regulace průtokem	107
7.2.3	Způsoby regulace	108
7.3	Hydraulické zapojení a dimenzování	110
7.3.1	Škrticí zapojení	112
7.3.2	Obrácené zapojení (rozdělovací zapojení)	115
7.3.3	Vstříkovací zapojení s přímým ventilem	119
7.3.4	Dvouokruhové vstříkovací zapojení s trojcestným ventilem	122
7.3.5	Směšovací zapojení	125
7.3.6	Dvouokruhové směšovací zapojení	127
7.3.7	Zapojení s termohydraulickým rozdělovačem	130
7.4	Kritéria pro výběr regulace vytápění	134
7.4.1	Správné umístění snímače teploty v prostoru	134
7.4.2	Správné umístění snímače venkovní teploty	135
7.4.3	Správné umístění snímače teploty přívodu topného média	135
7.5	Regulace nízkoteplotního vytápění	135
8	Speciální armatury pro teplovodní vytápění	137
8.1	Výběr regulačních armatur	137
8.1.1	Určení regulační armatury	137
8.1.2	Určení údajů regulačních ventilů podle údajů systému vytápění	137
8.1.3	Stanovení jmenovité světlosti	140
8.1.4	Charakteristika ventilů	140
8.2	Armatury na hydraulické vyvážení	142
8.2.1	Statické vyvažování	142
8.2.2	Dynamické vyvažování	145
8.2.3	Termostatické ventily s termostatickými hlavicemi a přednastavením	151
8.2.4	Výběr termostatických ventilů	152
8.2.5	Výběr snímačů termostatických ventilů nebo jejich umístění	154
8.2.6	Výběr čerpadel a vznik hluku	156
9	Dimenzování dvoutrubkových teplovodních systémů vytápění	157
9.1	Dimenzování systémů vytápění volbou rychlosti proudění v potrubí	157
9.2	Akceptování průměrné ztráty třením v potrubí	159
9.3	Teplovodní systém vytápění s přirozeným oběhem	160
9.4	Výpočet paralelně zapojených částí potrubní sítě	161
9.4.1	Princip hydraulické rovnováhy	161
9.5	Potrubní síť při zadaném čerpadle	162
9.6	Krokový postup při dimenzování teplovodního systému vytápění s nuceným oběhem	162
9.7	Regulační ventily otopných těles	166
9.8	Rozdělovače a sběrače v systémech vytápění	168
10	Dimenzování jednotrubkových teplovodních systémů vytápění	169
10.1	Jednotrubkové systémy vytápění s paralelním zapojením a obtokem	169
10.2	Speciální ventily pro jednotrubkové systémy vytápění	174

11	Hydraulické vyvážení	176
11.1	Přednastavení regulačních ventilů otopných těles	176
11.2	Hydraulické vyvážení	179
11.2.1	Postup hydraulického vyvážení	179
11.2.2	Proporcionální vyvážení	179
12	Zabezpečení kvality hydraulického vyvážení	186

POUŽITÉ SYMBOLY A JEDNOTKY ¹

Symbol	Jednotka	Význam	Symbol	Jednotka	Význam
A	m^2	volný průtokový průřez	Re	-	Reynoldsovo číslo
c	$kJ.kg^{-1}.K^{-1}$	specifická tepelná kapacita	U	$W.m^{-2}.K^{-1}$	součinitel prostupu tepla (k)
D	m	vnitřní průměr potrubí	W	Nm	práce
D_N	mm	jmenovitá světlost potrubí, armatury	w	$m.s^{-1}$	rychlost proudění
H	m v. s.	dopravní výška čerpadla	$Z, \Delta P_E$	Pa	tlaková ztráta vřazenými odpory
h	$kJ.kg^{-1}$	entalpie	Δp	Pa	dopravní tlak, tlakový rozdíl, tlaková ztráta
α	$W.m^{-2}.K^{-1}$	součinitel prostupu tepla	ΔP_R	Pa	tlaková ztráta potrubí
k, ε	m	drsnost stěn potrubí	ΔP_V	Pa	tlaková ztráta ve ventilu
k_v	$m^3.h^{-1}$	průtokový součinitel regulačního ventilu při referenčních podmínkách	ΔT_{ln}	K	logaritmicke stanovený rozdíl teplot voda-vzduch
k_{vs}	$m^3.h^{-1}$	jmenovitý průtokový součinitel regulačního ventilu	$\Delta T_{\bar{u}}$	K	aritmeticky stanovený rozdíl teplot voda-vzduch
l	m	délka potrubí	$\Delta \theta$	K	teplotní spád, rozdíl teplot ($\theta_V - \theta_R$)
m	kg	hmotnost	Φ, P	W	tepelný tok = tepelný výkon (Q)
P	W	výkon	η	-	účinnost
p	$Pa=N.m^{-2}$	tlak	λ	-	součinitel tření v potrubí
Q	J	množství tepla	λ	$W.m^{-1}.K^{-1}$	součinitel tepelné vodivosti
q	$W.m^{-2}$	hustota tepelného toku	ν	$m^2.s^{-1}$	kinematická viskozita
q_l	$W.m^{-1}$	tepelný tok v poměru k délce	θ_R	$^{\circ}C$	teplota ve zpětném potrubí (t_R)
q_m	$kg.s^{-1}$	hmotností průtok (\dot{m})	θ_V	$^{\circ}C$	teplota v přívodním potrubí (t_V)
q_v	$m^3.h^{-1}$	objemový průtok (\dot{V})	ρ	$kg.m^{-3}$	hustota
R	$Pa.m^{-1}$	tlaková ztráta na metr potrubí	ζ	-	součinitel vřazených odporů
R	$m^2.K.W^{-1}$	tepelný odpor při prostupu tepla	$\frac{\rho}{2} w^2$	Pa	náporový (dynamický) tlak podle Prandtla

¹ V závorkách jsou obvykle používané symboly, ostatní symboly jsou podle ISO, EN, ÖNORM

NÁSOBKY A PODÍLY

jednotek se mohou tvořit pomocí předpon SI.

P	(peta)	1.000.000.000.000.000	10^{15}	
T	(tera)	1.000.000.000.000	10^{12}	(bilion)
G	(giga)	1.000.000.000	10^9	(miliarda)
M	(mega)	1.000.000	10^6	(milion)
k	(kilo)	1.000	10^3	
h	(hekto)	100	10^2	
da	(deka)	10	10^1	
		1		
d	(deci)	0,1	10^{-1}	1/10
c	(centi)	0,01	10^{-2}	1/100
m	(mili)	0,001	10^{-3}	1/1.000
μ	(mikro)	0,000.001	10^{-6}	1/1.000.000

DŮLEŽITÉ PŘEVODY

$$1 \text{ bar} \quad \cong \quad 10 \text{ m v.s.} = 100 \text{ kPa}$$

$$0,1 \text{ mbar} \quad = \quad 1 \text{ mm v.s.} = 10 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kcal} \quad \cong \quad 4,2 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} \approx 4,2 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} \quad \cong \quad 3600 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kcal/h} \quad = \quad 1 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{4,2 \cdot 1000}{3600} = 1,16 \text{ W}$$

LITERATURA

- /1/ Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik, LEHRBUCH DER KLIMATECHNIK, Band 1: Grundlagen, 1974, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- /2/ Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik, LEHRBUCH DER KLIMATECHNIK, Band 2:, Berechnung und Regelung, 1976, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- /3/ CERBE/HOFFMANN, Einführung in die Wärmelehre, 8. Auflage 1987, Verlag Hanser
- /4/ BRÜNNER, Zentralheizungsbauer, 8. Auflage 1995, Verlag Bohmann
- /5/ VIESSMANN HEIZUNGS-HANDBUCH, 1987, Gentner Verlag
- /6/ H. ROOS, Hydraulik der Warmwasserheizung, 2. Auflage, 1994, Verlag Oldenbourg
- /7/ IHLE, Die Pumpen-Warmwasserheizung, Band 2, 3. Auflage, 1979, Verlag Werner
- /8/ DAS MUSS ICH WISSEN, Band 2, Verlag TOPOS
- /9/ CHRISTOPH SCHMID, Heizungs- und Lüftungstechnik, Bau und Energie, Leitfaden für Planung und Praxis, Band 5, 1992, Verlag der Fachvereine Zürich
- /10/ HEIZUNGSTECHNIK BAND I, Arbeitskreis der Dozenten für Heizungstechnik, Verlag Oldenbourg, 1980
- /11/ HEIZUNGSTECHNIK BAND II, Arbeitskreis der Dozenten für Heizungstechnik, Verlag Oldenbourg, 1980
- /12/ MUSTERPROJEKT FÜR DIE GEWERKE DER INSTALLATIONSTECHNIK UND FÜR DIE GESUNDHEITSTECHNIK, Heft 8a, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, 1986
- /13/ RECKNAGEL SPRENGER, SCHRAMEK, Heizung + Klimatechnik, Verlag Oldenbourg
- /14/ HELMKER, Waagrechte Einrohrheizung, 1966, Verlag Krammer
- /15/ PRAXISHANDBUCH HAUSTECHNIK, 1989, Verlag Bohmann
- /16/ HEIZUNGSANLAGEN, Handbuch zur Sanierung und Planung von Raumheizung und Warm- wasserbereitung, 1986, Verlag Bohmann
- /17/ HEIZUNGSTECHNIK IN DER PRAXIS, Fachbuch für den Planer und Installateur, 1982, Schweizerische Aktionsgemeinschaft Sparsamer Heizen (ASH)
- /18/ DUBBEL, Techn. Handbuch des Maschinenbaus, 16. Auflage
- /19/ WAGNER Walter, Rohrleitungstechnik, 1996, Verlag Vogel
- /20/ BIRAL PUMPEN in der Gebäudetechnik, Peter Schneider
- /21/ Wilo Gesamtkatalog Gebäudetechnik
- /22/ Stelrad Preisliste Österreich

1 ZÁKLADY

1.1 Základy nauky o teple

$$Q \Rightarrow \Delta U + W$$

1.1.1 Zákon zachování energie

Pro všechny přeměny energie platí základní přírodní zákon, který podrobně formuloval H. v. Helmholtz.

V uzavřeném systému je celkové množství energie konstantní
 $W = \text{konst.}$

H. v. Helmholtz (1821-1894) německý fyziolog a fyzik

Energie se nemůže získat ani ztratit. Energie se může pouze převést z jedné formy na druhou. Podle tohoto základního fyzikálního zákona není správné používat tyto termíny:

- zdroj tepla místo poskytovatel tepla,
- spotřeba energie místo využití energie.

Tepelná energie Q

Teplo je forma energie a označuje se jako množství tepla Q .

Jednotka tepelné energie Q je Joule = J. V praxi se upřednostňuje kilowatthodina (kWh).

1.1.2 První zákon termodynamiky (uzavřený systém)

Část tepelné energie dodané do systému se uloží jako přírůstek vnitřní energie ΔU . Tento přírůstek vnitřní energie ΔU se projeví zvýšením teploty nebo změnou skupenství. Zbytek dodané tepelné energie Q se přemění na práci W .

Tepelná energie dodaná do uzavřeného systému se rovná součtu změny vnitřní energie a práce odevzdané systému.

1.1.3 Obsah tepla Q_i

Obsah tepla je množství tepla obsažené v pevném nebo kapalném tělese s teplotou θ , přičemž množství tepla = tepelná energie (vztahované k 0 °C).

$$Q_i = m \cdot c \cdot \theta$$

kde:

Q_i	kJ	obsah tepla
m	kg	hmotnost
c	kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹	specifická tepelná kapacita (dříve specifické teplo)
θ	K	teplota

Tabulka 1-1: Specifická tepelná kapacita c

Specifická tepelná kapacita 0 °C až 100 °C	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$\text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Voda	4,20	1,163
Měď	0,385	0,105
Hliník	0,904	0,252
Ocel, železo	0,465	0,128
Zdivo z plných cihel	0,84	0,236
Minerální olej	2,00	0,560
Vzduch	1,00	0,280

Specifická tepelná kapacita c je také množství tepla, které je potřebné na ohřátí látky s hmotností 1 kg o 1 K. Závisí na teplotě.

Výměna tepla a teplota směšování

Pokud se dostane teplé a studené těleso do kontaktu – dotyku, potom teplé těleso odevzdává energii studenému tělesu, dokud se jejich teploty nevyrovnají. Přitom se při dokonalé tepelné izolaci systému vůči okolí dosáhne tepelná rovnováha při střední teplotě θ_m .

$$m_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 = (m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2) \theta_m$$

nebo

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta_1 - \theta_m) = m_2 \cdot c_2 \cdot (\theta_m - \theta_2)$$

1.1.4 Všeobecná rovnice pro teplo

Množství tepla se nedá měřit přímo; je možno měřit teplotu před ohřátím a po ohřátí (ochlazení) a určit hmotnost tělesa. Pomocí specifické tepelné kapacity je možno vypočítat dodané (odevzdané) množství tepla.

Množství tepla, které je nutno přijmout (nebo odevzdat) pro dosažení změny teploty $\Delta\theta$, je tedy pro

$c = \text{konst.}$:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

kde:

Q	kJ	množství tepla
m	kg	hmotnost
c	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	specifická tepelná kapacita
$\Delta\theta$	K	rozpětí změny teploty – změna teploty

1.1.5 Výkon P

Jednotka: W (Watt) = $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$

Jeden watt se rovná výkonu, při kterém se energie 1 joule rovnoměrně odevzdá po dobu 1 sekundy.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Tyto jednotky jsou principiálně stejné a mohou být používány bez omezení, např. watt by se mohl přednostně používat pro elektrický výkon a tepelný výkon, joule za sekundu pro tepelný výkon a newton metr za sekundu se hodí na mechanický výkon.

Výkon je práce uskutečněná za určitý čas (jednotku času); Čím kratší je čas, tím větší je výkon.

$$\text{Výkon} = \frac{\text{práce}}{\text{čas}}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

Práce $N \cdot m = J$ (Joule)

Výkon $\frac{J}{s} = W$ (Watt)

1.1.6 Tepelný výkon = tepelný tok Φ

$$\text{Tepelný tok} = \frac{\text{množství tepla}}{\text{čas}}$$

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{t} = q_m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Dříve se pro tepelný tok používalo označení \dot{Q} nebo P .

1.1.7 Hmotnostní průtok q_m v závislosti na tepelném toku Φ

V topných zařízeních se požadovaný hmotnostní průtok v potrubích a topných tělesech a hmotnostní průtok čerpadel q_m určuje dopraveným tepelným tokem Φ a rozdílem teplot $\Delta\theta$.

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta}$$

$$q_m = \frac{\Phi 3600}{c \cdot \Delta\theta} \text{ (kg} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

kde:

q_m	kg.s ⁻¹	hmotnostní průtok
Φ	kW	tepelný tok = tepelný výkon P
c	kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹	specifická tepelná kapacita
$\Delta\theta$	K	rozdíl teplot, teplotní spád = ($\theta_V - \theta_R$)

Dosud se na označení hmotnostního průtok používal symbol \dot{m} a pro objemový průtok sym-

$$\text{bol: } \dot{V}: \dot{m} = \frac{P}{c \cdot \Delta t}$$

Pomocí hustoty (objemové hmotnosti)

$$\rho = \frac{\text{Hmotnost}}{\text{Objem}} = \frac{m}{V} = \frac{q_m}{q_v} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

vypočítáme objemový průtok

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Poznámka:

Ve vytápěcí technice je možno s dostatečnou přesností uvažovat hodnotu hustoty (objemové hmotnosti) 1000 kg.m⁻³.

Potom 1 l = 1 kg

Příklad: Hmotnostní průtok potrubím, dopravovaný tepelný tok

Přes připojený úsek A teplovodního vytápění se musí pro topný registr dopravit tepelný tok 30 kW při teplotním spádu $\Delta\theta = 20$ K. Jaký hmotnostní průtok je vyžadován?

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{30}{4,2 \cdot 20} = 0,357 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = 1286 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

nebo

$$q_m = \frac{30000}{1,16 \cdot 20} = 1286 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Pro teplotu vody 80 °C je hustota $\rho = 971,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Potom objemový průtok bude

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} = \frac{1286}{971,6} = 1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

1.1.8 Účinnost η

Účinnost udává, kolik z přivedeného výkonu (energie) se využitelně odevzdá.

$$\begin{aligned} \text{Účinnost} &= \frac{\text{odevzdaný výkon}}{\text{dodaný výkon}} = \\ &= \frac{\Phi_{od}}{\Phi_{pr}} = \frac{P_{od}}{P_{pr}} \end{aligned}$$

1.1.9 Stupeň využití η_N

Stupeň využití znamená poměr odevzdaného (využitelného) a přivedeného (použitého) množství tepla po dobu využití, např. jaká část přivedeného množství tepla je k dispozici pro skutečný účel použití.

$$\eta_N = \frac{\text{využitá množství tepla}}{\text{dodané množství tepla}} = \frac{Q_{od}}{Q_{pr}}$$

1.1.10 Prostup tepla

Prostup tepla přes stěnu znamená celkový proces přenosu tepla z jedné látky do druhé. Prostup tepla zahrnuje:

- konvekční přenos tepla $\alpha_i =$ proudění vevnitř
- vedení tepla (λ/d) přes (rovinnou) stěnu
- konvekční přenos tepla $\alpha_e =$ proudění venku

Rovnice pro výpočet prostupu tepla rovinnou stěnou předpokládá jednorozměrný stacionární tepelný tok. V případě stavební konstrukce, která se skládá z více vrstev, je odpor konstrukce při prostupu tepla R nutno počítat jako součet tepelných odporů při vedení tepla R_λ všech vrstev a tepelných odporů při prostupu tepla R_i na vnitřní straně a R_e na venkovní straně konstrukce.

$$R = R_i + \sum R_\lambda + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{U}$$

α_i W.m⁻²K⁻¹ součinitel prostupu tepla při proudění na vnitřní straně konstrukce

α_e W.m⁻²K⁻¹ součinitel prostupu tepla při proudění na vnější straně konstrukce

kde:

R m².K.W⁻¹ odpor při prostupu tepla $R = 1/U$

R_i m².K.W⁻¹ odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_λ m².K.W⁻¹ tepelný odpor při vedení tepla konstrukcí $R_\lambda = d/\lambda$

R_e m².K.W⁻¹ odpor při prostupu tepla na venkovní straně konstrukce

d m tloušťka vrstvy stěny

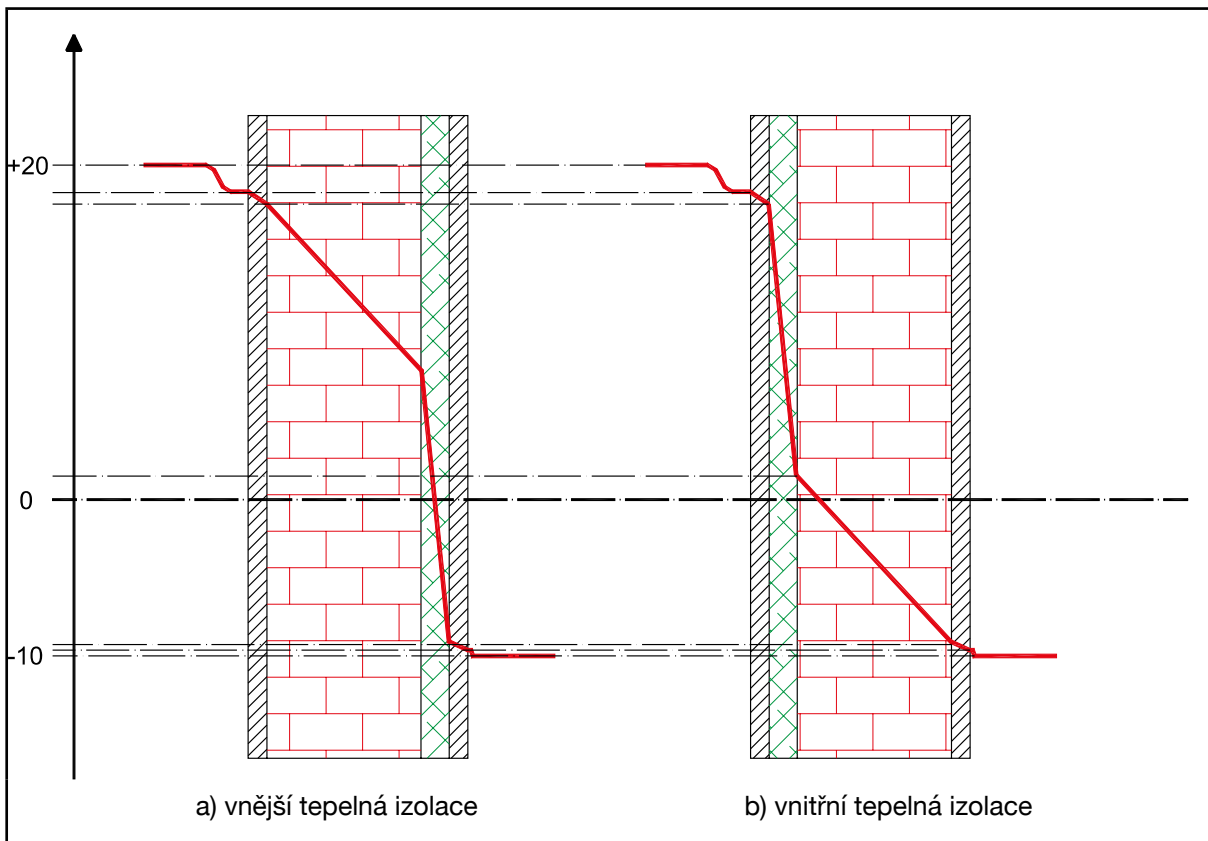
λ W.m⁻¹K⁻¹ součinitel tepelné vodivosti

U W.m⁻²K⁻¹ součinitel prostupu tepla (dříve k)

Stále je možno se setkat s použitím symbolu k místo U a \dot{Q} místo $\Phi = P$.

Součinitel prostupu tepla U je převrácenou hodnotou tepelného odporu R .

Na obr. 1-1 je znázorněn průběh teploty ve stěně.



Obr. 1-1 Průběh teploty v tepelně izolované stěně s (a) vnější, (b) vnitřní izolací

Tepelný tok přes rovinnou stěnu ve stacionárním stavu je úměrný ploše stěny A a rozdílu teplot mezi vnitřním a venkovním prostorem (ne mezi povrchovými teplotami!).

$$\Phi_o = P_o = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) = L \cdot \Delta\theta$$

kde:

Φ_o, P_o	W	tepelný výkon při prostupu tepla, tepelný tok
U	W.m ⁻² K ⁻¹	součinitel prostupu tepla
A	m ²	vztažná plocha
θ_i	K	vnitřní teplota
θ_e	K	venkovní teplota
$L=U \cdot A$	W.K ⁻¹	tepelná vodivost

U nestlačitelných látek ($\rho = \text{konst.}$) je objemový průtok konstantní.

$$q_v = w \cdot A = \text{const.}$$

Rychlost v potrubí s vnitřním průměrem D se vypočítá podle vzorce

$$w = \frac{q_v}{A} = \frac{q_v \cdot 4}{D^2 \cdot \pi}$$

kde:

w	m.s ⁻¹	rychlost
A	m ²	volný průtokový průřez
D	m	vnitřní průměr potrubí
q_v	m ³ .s ⁻¹	objemový průtok
q_m	kg.s ⁻¹	hmotnostní průtok

Pro rozšíření potrubí z A_1 na A_2 podle obr. 1-2 pro $\rho = \text{konst.}$ platí rovnice kontinuity

$$q_v = w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2$$

1.2 Základy nauky o proudění (hydraulika)

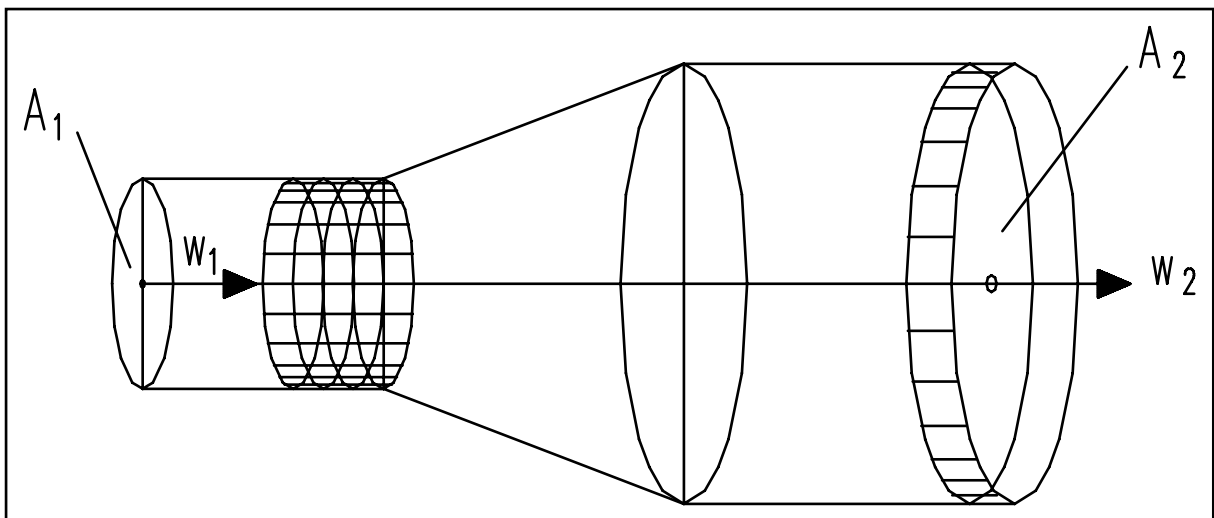
1.2.1 Rovnice kontinuity

Při stacionárním proudění v potrubí zůstává hmotnostní průtok konstantní, platí

$$q_m = \rho \cdot w \cdot A = \text{const.}$$

$$\text{nebo } \frac{w_1}{w_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

t.j. rychlosti proudění jsou v opačném poměru než průtokové průřezy.



Obr. 1-2 Rozšíření potrubí

1.2.2 Dynamický tlak p_d

Dynamický tlak je tlak, který vyvine pohybující se látka na rovinu kolmou k rychlosti.

Jednotkou tlaku p je Pascal (Pa).

1 bar = 10^3 mbar = 10^5 Pa

Staré jednotky tlaku jsou:

technická atmosféra 1 at = $9,80665 \cdot 10^4$ Pa

fyzikální atmosféra 1 atm = 1,033 at =

= 101,3 kPa = 760 Torr

$$p_d = \frac{\rho}{2} w^2$$

kde:

p_d	Pa	dynamický tlak
ρ	kg.m ⁻³	hustota
w	m.s ⁻¹	rychlost

Tento tlak se označuje rovněž jako Prandtlův náporový tlak.

1.2.3 (Hydro)statický tlak p_{st}

Hydrostatický tlak je tlak, který vyvine kapalina na rovinu postavenou ve směru proudění, např. na stěnu potrubí.

Statický tlak vytváří sama zemská přitažlivost (tíže) kapaliny. K němu se ještě připočítá systémový tlak, který se vytváří např. expanzní nádobou nebo zařízením na udržování tlaku.

$$p_{st} = \rho \cdot g \cdot h + p_{sys}$$

kde:

p_{st}	Pa = N.m ⁻²	statický tlak
ρ	kg.m ⁻³	hustota
g	m.s ⁻²	gravitační zrychlení = 9,81 m/s ²
h	m	výška vodního sloupce
p_{sys}	Pa = N.m ⁻²	systémový tlak

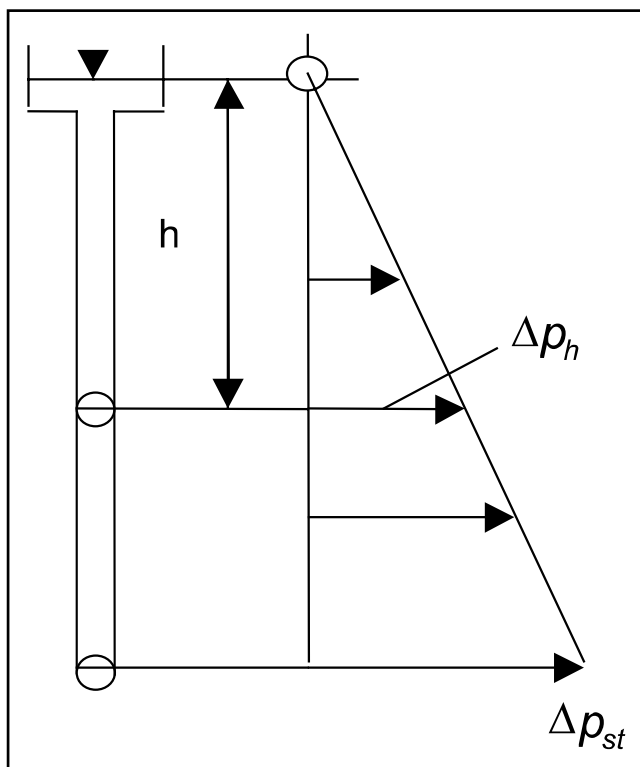
Statický tlak Δp_h se s narůstající výškou h lineárně snižuje (obr. 1-3).

Celkový statický tlak se skládá ze statického tlaku p_{st} a venkovního tlaku p_o .

$$p_{st\ ges} = p_{st} + p_o$$

kde:

$p_{st\ ges}$	Pa = Nm ⁻²	celkový statický tlak (absolutní tlak)
p_{st}	Pa = Nm ⁻²	statický tlak
p_o	Pa = Nm ⁻²	venkovní tlak



Obr. 1-3 Hydrostatický tlak

Příklad: Rozdělení tlaku

Vypočítejte tlak, který vyvine vodní sloupec na stěnu potrubí, pokud je podle obr. 1-3 výška h pod hladinou otevřené vodní nádrže 10 m.

$$p_{st} = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-2} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 0,981 \text{ bar} \sim 1 \text{ bar}$$

Tento tlak je oproti tlaku okolí p_{amb} přetlakem. Absolutní tlak je pro $p_{amb} = 0,96 \text{ bar}$ (tlak vzduchu při nadmořské výšce 400 m):

$$p_{abs} = p_{st} + p_{amb} = 98,1 \text{ kPa} + 0,96 \text{ kPa} = 98,1 + 96 = 194,1 \text{ kPa} = 1,94 \text{ bar}$$

Výsledek:

Vodní sloupec o výšce 10 m vytvoří statický přetlak 10 m v.s. = 1 bar = 100 kPa.

Celkový tlak

$$p_{tot} = p_d + p_{st}$$

se označuje jako **provozní tlak** v zařízeních. Je to tlak, který působí v určitém bodu zařízení.

1.2.4 Hydraulický a ekvivalentní průměr potrubí

Následující výpočty jsou potřebné pro to, abychom pro nekruhové potrubí získali podobné podmínky proudění.

Hydraulický průměr

U potrubí nebo kanálů, jejichž průtokové průřezy se odchyľují od kruhových průřezů, se v souladu se zákony odporu turbulentního proudění může za průměr kruhu d dosadit hydraulický průměr d_h .

$$d_h = \frac{4A}{U}$$

kde:

d_h	m	hydraulický průměr
A	m ²	průtokový průřez
U	m	smáčený obvod

U potrubí s kruhovým průřezem je správný $d_h = D$ vnitřní průměr.

Pro obdélníkový průřez se stranami obdélníku a a b platí:

$$d_h = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$

Pro čtvercový průtokový průřez se stranou čtverce a platí:

$$d_h = \frac{4a^2}{4a} = a$$

Obdélníkový kanál s hydraulickým průměrem d_h má stejnou tlakovou ztrátu jako válcové potrubí stejného průměru při stejné rychlosti.

Skutečná rychlost proudění w_{tat} se pro příslušný průtokový průřez A vypočítá takto:

$$w_{tat} = \frac{q_v}{A}$$

kde:

w_{tat}	m.s ⁻¹	rychlost proudění
q_v	m ³ .s ⁻¹	objemový průtok
A	m ²	vztažná plocha, volný průtokový průřez

Příklad: Potrubí s obdélníkovým průřezem

Je potřeba vypočítat hmotnostní průtok a hydraulický průměr pro potrubí o rozměru 40 x 60 mm, s průtokem vody.

Tloušťka stěny	$s = 2 \text{ mm}$
Průřez	$A = 36 \times 56 = 2016 \text{ mm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$
Obvod	$U = (36 + 56) \cdot 2 = 184 \text{ mm} = 0,184 \text{ m}$

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{U} = \frac{4 \cdot 0,002}{0,184} = 0,0435 \text{ m}$$

Při skutečné rychlosti proudění $w = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je hmotnostní průtok

$$q_m = A \cdot w \cdot \rho = 0,002 \cdot 2 \cdot 1000 = 4 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = 14400 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z d_h a skutečné rychlosti proudění se z diagramu pro kruhové průřezy zjistí ztráta v potrubí třením R . Tento postup se používá přednostně.

Ekvivalentní průměr

Ekvivalentní průměr d_g se přednostně používá při vzduchových kanálech s obdélníkovým průtokovým průřezem.

Obdélníkový kanál s ekvivalentním průměrem d_g má stejnou tlakovou ztrátu jako válcovité potrubí stejného průměru při stejném objemovém průtoku.

$$d_g = \sqrt[5]{\frac{32}{\pi^2} \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}}} = 1,27 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}}$$

d_g se použije tam, kde je zadaný tlakový spád při určitém objemovém průtoku, např. při výpočtu kanálové sítě vysokotlakých klimatizačních zařízení a při vyvažování potrubních úseků (odboček). Pomocí d_g je možné snadněji zjistit potřebné rozměry obdélníkového kanálu, zejména pokud jsou vypracované odpovídající tabulky.

1.2.5 Reynoldsovo číslo

Reynoldsovo číslo je bezrozměrné charakteristické číslo, které popisuje tvar proudění. Proudění v potrubí je podobné, pokud je shodné Reynoldsovo číslo Re .

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu}$$

kde:

w	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rychlost proudění
D	m	vnitřní průměr potrubí
ν	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	kinematická viskozita

Pro vodu

10 °C	$\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
80 °C	$\nu = 0,37 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

pro extra lehký topný olej HEL

20 °C	$\nu = 6,00 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
-------	----------------------------	----------------------------------

Až po $Re \leq 2320$ (prakticky 3000) je proudění laminární (rozvrstvené), tj. rozdělení rychlosti v potrubí je ve tvaru paraboly.

Od $Re = 2320$ je proudění turbulentní.

Proudění obvyklé ve vytápěcí technice, při kterém částice kapaliny vykonávají současně i kmitavé pohyby více směry, je turbulentní a jeho rychlostní profil je zploštělý. Profil je tím plošší, čím vyšší je Reynoldsovo číslo.

1.2.6 Tření při proudění kapaliny přímým potrubím

Pro výpočet tlakové ztráty Δ_{PR} látek proudících v kruhových, přímých potrubích o délce l platí:

$$\Delta p_R = R \cdot l = \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} w^2$$

kde:

Δ_{PR}	Pa	tlaková ztráta v potrubí
R	Pa.m ⁻¹	tlaková ztráta na metr potrubí = ztráta třením v potrubí
l	m	délka potrubí
λ	-	součinitel tření v potrubí
D	m	vnitřní průměr potrubí
ρ	kg.m ⁻³	hustota
w	m.s ⁻¹	rychlost proudění
$\frac{\rho}{2} w^2$	Pa	náporový tlak podle Prandtla

Hodnota R v Pa/m je **tlakový spád** na metr potrubí a označuje se jako **specifická ztráta třením v potrubí**. Hodnotu R je potřeba zjistit v diagramu nebo v tabulkách (příloha).

1.2.7 Součinitel tření v potrubí

Bezrozměrný součinitel tření v potrubí λ závisí na drsnosti potrubí k v mm, na typu proudění (Re) a na teplotě látky.

Obvyklé hodnoty:

$\lambda = 0,02 \dots 0,05$ pro proudění vody

Při laminárním proudění ($Re < 2320$) pro součinitel tření v potrubí platí:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Pro výpočet součinitel tření λ technicky drsné potrubí v oblasti **turbulentního** proudění platí podle Colebrooka

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + 0,27 \frac{k}{d_h} \right]$$

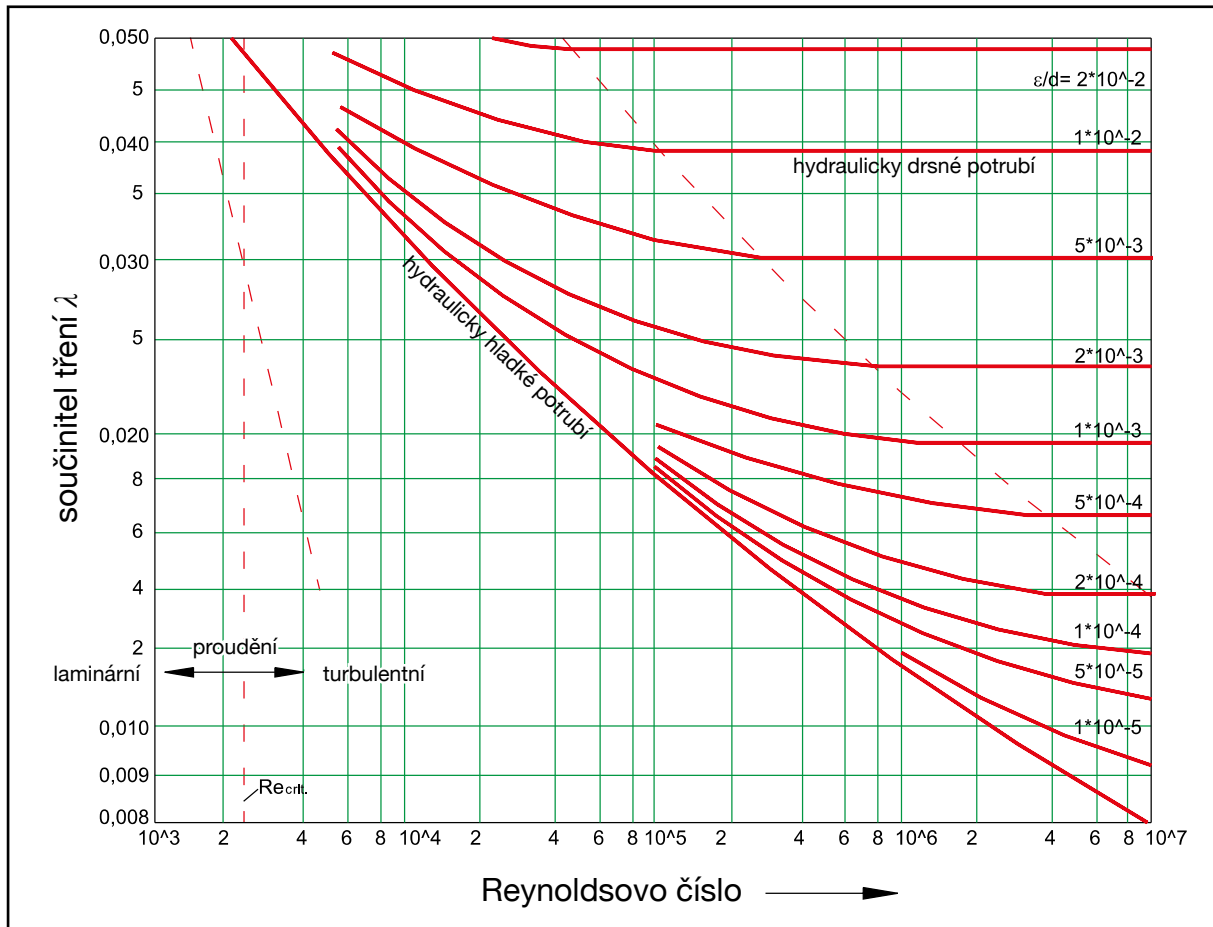
kde:

λ	-	součinitel tření v potrubí
k	m	drsnost potrubí
d_h	m	hydraulický průměr Re Reynoldsovo číslo

Tab. 1-2 Absolutní drsnost pro různé potrubí /7/ a /19/

	mm
Tažené trubky (např. měděné)	0,0013 ... 0,0015
Běžné ocelové trubky (střední hodnota)	0,045
Zrezavělé běžné ocelové trubky	0,15...0,2
Silně zrezavělé běžné ocelové trubky	1,0...3,0
Plasty	0,0015 ... 0,0070

Hodnotu λ je možno zjistit v diagramu (obr. 1-4).



Obr. 1-4 Součinitel tření λ pro potrubí

1.2.8 Tlakový spád na vřazených odporech

Je nutno zohlednit přídavné tlakové ztráty způsobené armaturami, tvarovými kusy, nádobami, aparáty a podobnými zařízeními.

Tyto tlakové ztráty jsou úměrné dynamickému tlaku při střední rychlosti proudění, a proto se mohou vypočítat pomocí součinitele vřazeného odporu ζ.

Tlakový spád se vypočítá ze vztahu

$$\Delta p_E = Z = \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2$$

kde:

ΔP_E Pa tlakový spád na vřazených odporech (Z)

ζ - součinitel vřazeného odporu
 ρ kg.m⁻³ hustota (pro vodu ρ ≈ 1.000 kg . m⁻³)
 w m.s⁻¹ rychlost proudění

Rychlost proudění je nutno vypočítat podle rovnice kontinuity nebo je možno ji zjistit v tabulkách (příloha).

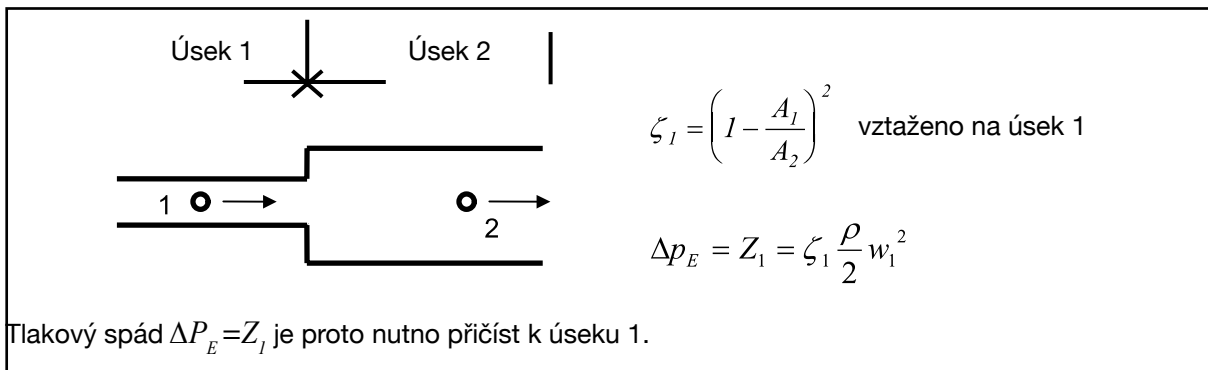
Armatury, tvarové kusy, nádoby, aparáty a podobné zařízení způsobují ztráty třením o stěny a dělením a spojováním proudů v odbočkách, které jsou zahrnuté v součiniteli vřazeného odporu ζ a byly zjištěny pokusy. Přitom je nutno brát do úvahy rychlost, na niž se vztahuje ζ (viz tabulka součinitelů vřazených odporů ζ v příloze).

Pro praktické použití obsahují tabulky zaokrouhlené hodnoty pro obvyklé vřazené odbočky (viz formulář H 106 v příloze).

Příklady některých vřazených odporů

a) Náhlé rozšíření potrubí

Tlaková ztráta spočívá v podstatě ve ztrátě smícháváním v důsledku rozdílné rychlosti a směru proudících částí kapalin. V teoretických úvahách se proto používá impulzní rovnice.



Obr. 1-5 Vřazený odpor rozšíření potrubí

b) Odbočka – průchod

Při rozvětvení se mění hmotnost proudící kapaliny v důsledku odtoku (dělení) nebo přítoku (spojení). Dělením proudu nebo jeho spojením vznikají tlakové ztráty v odtékajícím nebo přitékajícím proudu a v hlavním proudu.

Součinitel vřazeného odporu ζ závisí na různých ovlivňujících veličinách:

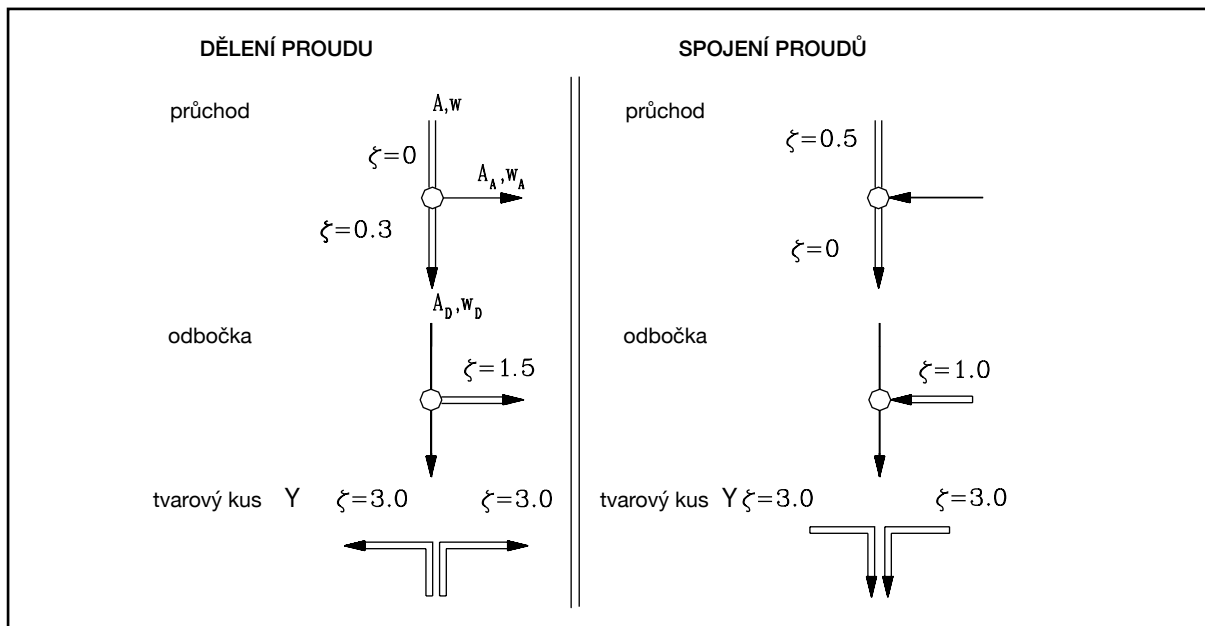
- tvar průtokového průřezu (kruhový nebo obdélníkový průřez),
- poměr průřezů A/A_A nebo A/A_D ,
- poměr rychlostí w/w_A nebo w/w_D ,
- úhel odbočky β a tvar odbočky (např. kónický tvar).

Tyto ovlivňující veličiny způsobují velký počet hodnot ζ .

Při výpočtu tlakové ztráty je nutno dbát na to, na jaký dynamický tlak se vztahuje hodnota ζ ; na rychlost proudění w před rozdělením (průchodem) nebo na rychlost proudění w_A v odbočce. Při spojení proudů se dokonce mohou vyskytnout záporné hodnoty ζ , pokud se přívod energie uskutečňuje dílčím proudem bohatým na energii. Ztráta v odbočce se dá zmenšit kónickým průchodem, ale i správným zaoblením průniku hlavního potrubí a odbočky. Dělení proudu v tvaru obloukové (zakřivené) odbočky vede zejména u odbočky 90° k menším ztrátám dělením. To platí i pro spojení proudů.

Za normálních podmínek mohou být na výpočet použity hodnoty uvedené na obr. 1-6.

Pro rozdělení v rozdělovači je možno přiměřeně použít hodnotu $\zeta = 0,5$ a při spojení ve sběrači hodnotu $\zeta = 1,0$ na základě průřezu připojení.



Obr. 1-6 Součinitele vřazených odporů odbočka/průchod pro pravoúhlé T- kusy

c) Měřiče tepla:

Tyto měřiče mají být zabudované za účelem zjišťování množství spotřebovaného tepla bytovou jednotkou (spotřebitelem). Před každým měřičem je nutno nainstalovat filtr a uklidňující úsek 5D až 8D a za ním 2D až 3D (D znamená průměr potrubí). Snímače opatřené ochranným pouzdem je nutno zabudovat podle možnosti do oblouku proti směru proudění.

Tlakovou ztrátu měřičů tepla je možno vyhledat ve firemní dokumentaci.

d) Otopné těleso:

Tlakový spád na článkových otopných tělesech, deskových otopných tělesech, konvektorech, kterými proudí voda malou rychlostí, je možno vypočítat s uvážením hodnoty $\zeta = 2,5$.

Tlakový spád na otopném tělese v Pa se vypočítá ze vztahu

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_H^2$$

w_H je rychlost vody ve vstupním průřezu, např. DN 20 podle normy ÖNORM M 5611 pro středně těžké závitové trubky, nikoliv však rychlost proudění v přípojovacím potrubí otopného tělesa. Přesně by se proto mělo každé otopné těleso posuzovat jako oddělený dílčí úsek. Pro otopné plochy s malým průřezem s protékající vodou je nutno tlakový spád zjistit podle firemních údajů z tlakových diagramů.

e) Trubkový registr podlahového a stěnového vytápění:

Tlakový spád na vytápěcím okruhu se dá vypočítat pomocí délky l . Hodnoty R je nutno převzít z tabulek výrobce.

$$\Delta p_{FB} = R \cdot l$$

f) Ohřívač vzduchu, tepelný výměník a solární kolektory
Všeobecně platí:

Tlakový spád Δp_N pro jmenovitý objemový průtok q_{vN} je nutno převzít z technických podkladů. Skutečný tlakový spád Δp_2 závisí na druhé mocnině skutečného objemového průtoku q_{v2} :

$$\Delta p_2 = \Delta p_N \left(\frac{q_{v2}}{q_{vN}} \right)^2$$

Příklad: Tlakový spád na ohřívači vzduchu

Ohřívač vzduchu má podle firemních podkladů tlakový spád na straně vody = tlaková ztráta 1,2 m v. s. při jmenovitém objemovém průtoku 3,2 m³.h⁻¹.

Hledáme tlakovou ztrátu ohřívače vzduchu při průtoku 5 m³.h⁻¹.

$$\Delta p_2 = \Delta p_N \left(\frac{q_{v2}}{q_{vN}} \right)^2 = 1,2 \left(\frac{5}{3,2} \right)^2 = 2,93 \text{ m v. s.}$$

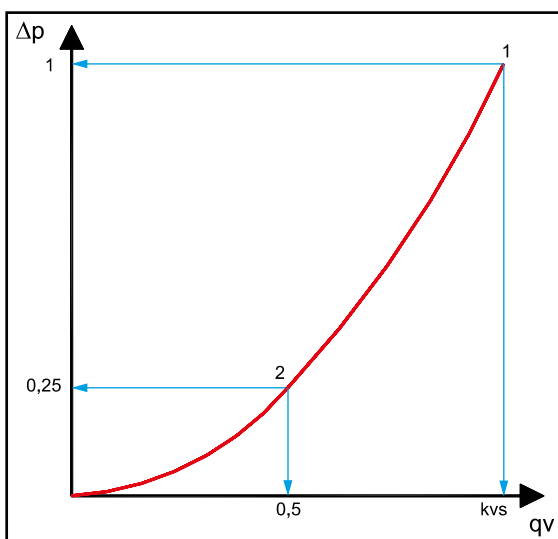
1.2.9 Tlakový spád na regulačních ventilech a dalších regulačních armaturách

Průtokový součinitel ventilu k_v udává objemový průtok q_v v m³.h⁻¹ vody při tlakovém spádu 1 bar (podle normy VDI/VDE - 2173) /19/.

Pokud se změní průtok vody, změní se i tlakový spád.

Tlakový spád regulačního ventilu s přednastavením je možno graficky znázornit na charakteristice tlakových ztrát ventilu (obr. 1-7).

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$



Obr 1-7 Charakteristika tlakových ztrát ventilu

Při ρ jiném než 1000 kg.m⁻³ je nutno do vztahu doplnit hustotu, např. pro páru

$$k_v = q_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p_v}}$$

Pod hodnotou k_v regulační armatury se rozumí takový průtok v m³.h⁻¹, který při otevřeném ventilu (jmenovitý zdvih H) vytvoří tlakový spád 1 bar = 100 kPa. Hodnota k_{vs} platí při jmenovitém zdvih H_{100} t.j. při 100% regulačním zdvih.

Pro $q_{vI} = k_{vs}$ a $\Delta p_I = 1$ bar ve vztahu

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left(\frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2 \text{ vypočítáme tlakový spád na ventilu}$$

$$\Delta p_V = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$$

(bar) s q_v v

nebo

$$\Delta p_V = 100 \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$$

(kPa) s q_v v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

kde:

ζ	-	součinitel odporu
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota
w	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rychlost v přípojovacím průřezu ventilu
q_v	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	objemový průtok
k_{vs}	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	průtokový součinitel při zcela otevřeném ventilu
Δp_V	bar	tlakový spád na ventilu

U ventilů je tlakový spád možno vypočítat pomocí součinitele odporu ζ vztaženého na přípojovací průřez ventilu podle vztahu:

Nezávisle na přípojovacím průřezu je tlakový spád možno vypočítat pomocí průtokového součinitele ventilu k_{vs} .

$$\Delta p_V = \zeta \frac{\rho}{2} w^2 = 10^5 \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \text{ (Pa)}$$

Příklad: Regulační ventil – dimenzování

Má se zvolit regulační ventil pro tlakový spád Δp_V při průtoku q_v .

Tlakový spád na ventilu $\Delta p_V = 5 \text{ kPa} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ bar}$

Objemový průtok $q_v = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$$k_V = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_V}} = \frac{1,5}{\sqrt{5 \cdot 10^{-2}}} = 6,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Zvolí se $k_{vs} = 6,3$ (viz příloha)

Skutečný tlakový spád na zvoleném ventilu bude:

$$\Delta p_V = 100 \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left(\frac{1,5}{6,3} \right)^2 = 5,7 \text{ kPa}$$

Příklad: Ventily otopných těles – tlakový spád

Hodnoty součinitelů odporu ventilů otopných těles se vztahují jen na rychlost vody w ve středně těžkých závitových trubkách podle normy DIN 2440 (ÖNORM M 5611). Pro vodu platí:

$$\Delta p_V = \zeta \frac{\rho}{2} w^2 = \zeta 500 \cdot w^2 \text{ (Pa)}$$

Pro jiné přípojovací potrubí, např. měď nebo plast, je tlakový spád nutno určit pomocí hodnoty k_v .

Udávané hodnoty součinitelů odporu se přitom nesmí používat.

Herz AS č. 6823 rozměr 1" = DN 25 $k_{vs} = 8,2$
 Pro $q_v = 500 \text{ l/h} = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ vypočítej tlakový spád na ventilu

$$\Delta p_V = 100 \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left(\frac{0,5}{8,2} \right)^2 = 0,37 \text{ kPa}$$

1.2.10 Tlakový spád na potrubních úsecích s konstantním průtokovým průřezem

Jako dílčí úsek se označuje ta část potrubí, která při stejném vnitřním průměru přepravuje stejný hmotnostní průtok.

Tlaková ztráta pro dílčí úsek (při stejném průtoku a průměru potrubí) s délkou l sestává z tlakového spádu třením v potrubí a na vřazených odporech.

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_1 - p_2 = R \cdot l + \Delta p_E = \\ &= \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho}{2} w^2 + \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2 \end{aligned}$$

kde:

λ	-	součinitel tření v potrubí
l	m	délka potrubí
D	m	vnitřní průměr potrubí
ρ	kg.m ⁻³	hustota

w	m.s ⁻¹	rychlost proudění
ζ	-	součinitel odporu
R	Pa . m ⁻¹	tlakový spád na metr potrubí
Δp	Pa	tlakový spád
Δp_E	Pa	tlakový spád na vřazených odporech

Tlaková ztráta je úměrná druhé mocnině objemového průtoku.

Např. tlak se zvýší podle této rovnice

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left(\frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2$$

kde:

Δp	Pa	tlakový spád
q_{v1}	m ³ .s ⁻¹	objemový průtok při Δp_1
q_{v2}	m ³ .s ⁻¹	objemový průtok při Δp_2

1.2.11 Charakteristická křivka systému (charakteristická křivka potrubní sítě)

Charakteristika potrubní sítě je křivka, která zobrazuje souvislost mezi tlakovou ztrátou potrubní sítě a dopravovaným množstvím. Vychází z Bernoulliho věty o zachování energie. Pro určité dopravované množství je potřebná požadovaná dopravní výška potrubní sítě. Ta vychází z podílu hydrostatického tlaku, který se musí překonat, aby se voda dostala do výšky vodního sloupce H_0 a z tlakových ztrát systému. Tyto tlakové ztráty je možno vypočítat sečtením jednotlivých tlakových ztrát dílčích úseků zapojených do série.

$$\Delta p = \sum \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \zeta \right) \frac{\rho}{2} w^2 + \Delta p_v + \Delta p_{st}$$

$$\Delta p_{st} = \rho \cdot g \cdot \Delta H_0$$

Tlaková ztráta v potrubní síti sestává z tlakových ztrát třením v přímém potrubí, vřazenými odpory a tlakovým spádem na regulačních ventilech.

Pro charakteristiku potrubní sítě uzavřeného systému platí rovnice:

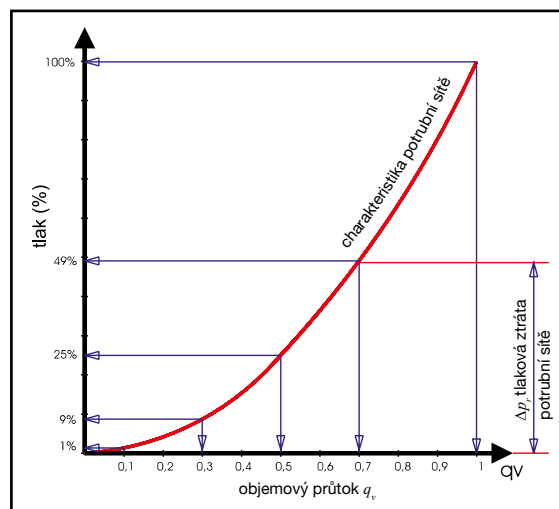
$$\begin{aligned} \Delta p &= \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} \cdot w^2 + \sum \zeta \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = \\ &= \left(\sum \lambda \frac{l}{D} + \sum \zeta \right) \frac{\rho}{2} \frac{q_v^2}{A^2} = K \cdot q_v^2 \end{aligned}$$

kde:

Δp	Pa	tlakový spád
ρ	kg.m ⁻³	hustota
w	m.s ⁻¹	rychlost proudění
ζ	-	součinitel odporu
λ	-	součinitel tření v potrubí

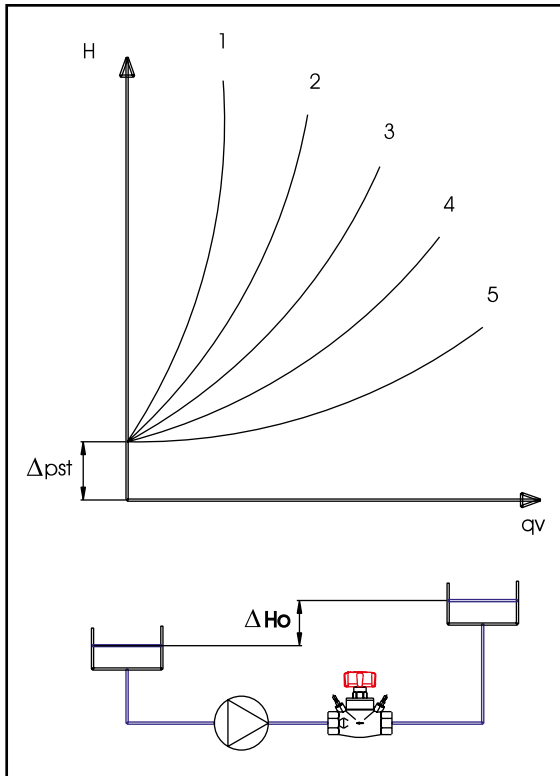
l	m	délka potrubí
A	m ²	průtokový průřez
D	m	vnitřní průměr potrubí
q_v	m ³ .s ⁻¹	objemový průtok
K	Pa.s ² .m ⁻⁶	konstanta potrubní sítě
Δp_v	Pa	tlakový spád na regulačních ventilech a ventilech s přednastavením
Δp_{st}	Pa	hydrostatický tlak
g	m.s ⁻²	gravitační zrychlení = 9,81 m.s ⁻²
H_0	m v.s.	výška vodního sloupce

Křivka je kvadratická parabola a je znázorněna na obr. 1-8.



Obr. 1-8 Charakteristika potrubní sítě

Charakteristika potrubní sítě pro otevřený systém udává podíl hydrostatického tlaku, který musí překonat čerpadlo, aby se voda dostala do výšky vodního sloupce H_0 . Obrázek 1-9 ukazuje charakteristiku potrubní sítě otevřeného systému. Parabolické křivky při různě nastaveném škrcení ventilu 1 až 5 začínají při výšce vodního sloupce ΔH_0 .

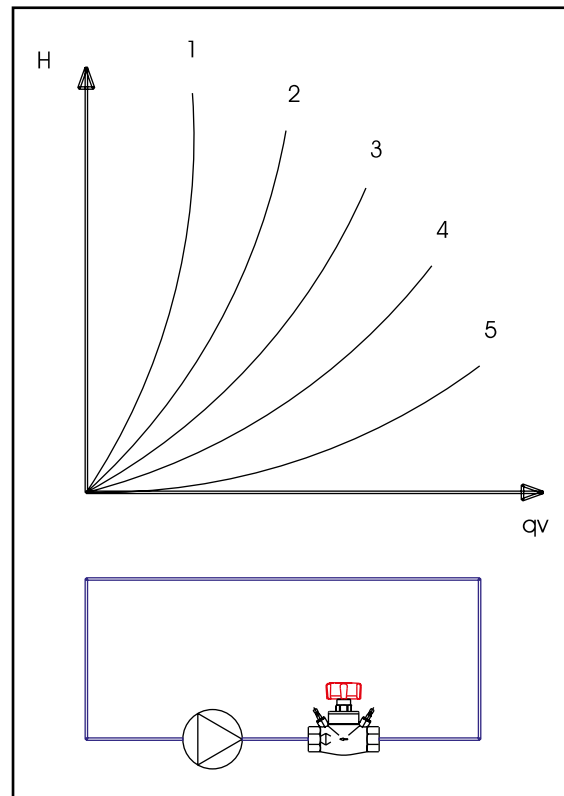


Obr. 1-9 Charakteristika potrubní sítě otevřeného systému

Vytápěcí systém je do sebe uzavřený okruh. To znamená, že stejné množství vody, které čerpadlo tlačí přes přívod od kotle k otopným tělesům, proudí přes zpětné potrubí zase z otopných těles nazpět do kotle. Zpět tedy přichází vždy tolik vody, kolik se vytlačí do topné soustavy. Dopravní výška zde tedy neslouží na překonání určitého výškového rozdílu. Oběh topné vody vyvolaný čerpadlem je zpravidla podporovaný působením zemské tíže – ochlazená voda ve zpětném potrubí je těžší než teplá voda v přívodním potrubí.

Tento vliv tíže se zohlední jen tehdy, pokud tíže dosáhne citelný podíl na tlaku čerpadla. To se může stát při velmi nízkém tlaku čerpadla nebo v topných soustavách ve výškových domech.

V případě uzavřeného systému prochází parabolická charakteristika potrubní sítě nulovým bodem. To je zobrazeno na obr. 1-10. Charakteristika potrubní sítě ukazuje souvislost mezi výtlačnou výškou a objemovým průtokem v potrubní síti. Pokud je potřeba přecerpat 70 % celkového množství, bude vyžadováno pouze 49 % tlaku, při množství 50 % to bude už jen 25 % atd. V pracovních diagramech výrobců čerpadel jsou charakteristiky potrubních sítí velmi často zakreslené jako svazek křivek nebo při dvojitém logaritmickém zobrazení jako přímky.



Obr. 1-10 Charakteristika potrubní sítě uzavřeného systému

Systém vytápění má po dobu vytápění nekonečně mnoho provozních stavů. Ke každému tomuto provoznímu stavu patří odpovídající charakteristika systému. Obrázek 1-10 ukazuje charakteristiku uzavřeného systému. Charakteristika 5 udává odpory pro proměnlivé objemové průtoky při otevřeném ventilu. V systémech vytápění se stav dílčí zátěže obvykle dosahují škrcením ventilů, např. termostatickými. Odpor přitom narůstá. Strmost křivky se zvětšuje, dokud se při nulovém čerpaném množství nedosáhne kolmice.

1.2.12 Paralelní zapojení potrubních úseků

Při hydraulickém paralelním zapojení potrubí se proud vody dělí do dílčích proudů q_{m1} a q_{m2} . Toto rozdělení nastává v rovnovážném stavu, když je tlakový spád na úseku 1 a 2 stejně velký. Tlakový rozdíl odpovídá **uzlovému tlakovému rozdílu KDD** mezi uzly A a B.

V každém dílčím úseku platí pro charakteristiku potrubní sítě:

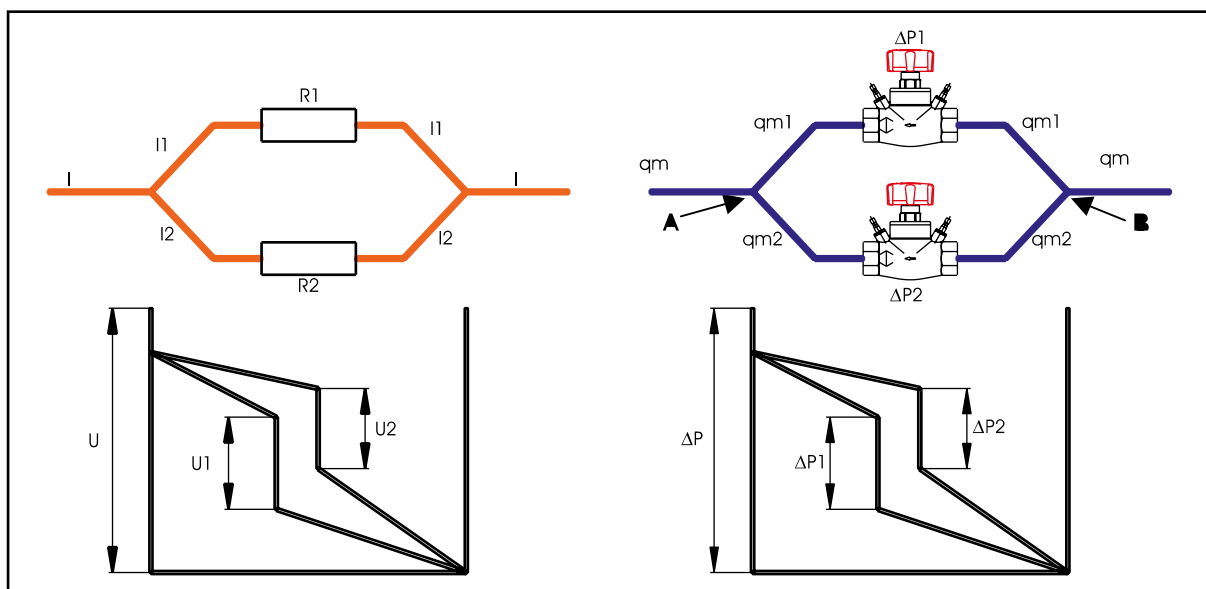
$$\Delta p_1 = K_1 \cdot q_{m1}^2$$

$$\Delta p_2 = K_2 \cdot q_{m2}^2$$

V rovnovážném stavu bude proto uzlový tlakový rozdíl.

$$KDD = \Delta p = K_1 \cdot q_{m1}^2 = K_2 \cdot q_{m2}^2$$

Porovnání elektrických a hydraulických paralelních zapojení je na obr. 1-11.



Obr. 1-11 Porovnání elektrického a hydraulického paralelního zapojení odporů

Součet všech úbytků napětí nebo tlakových spádů na paralelně zapojených cestách musí být stejně velký.

Vyvažovací diagram:

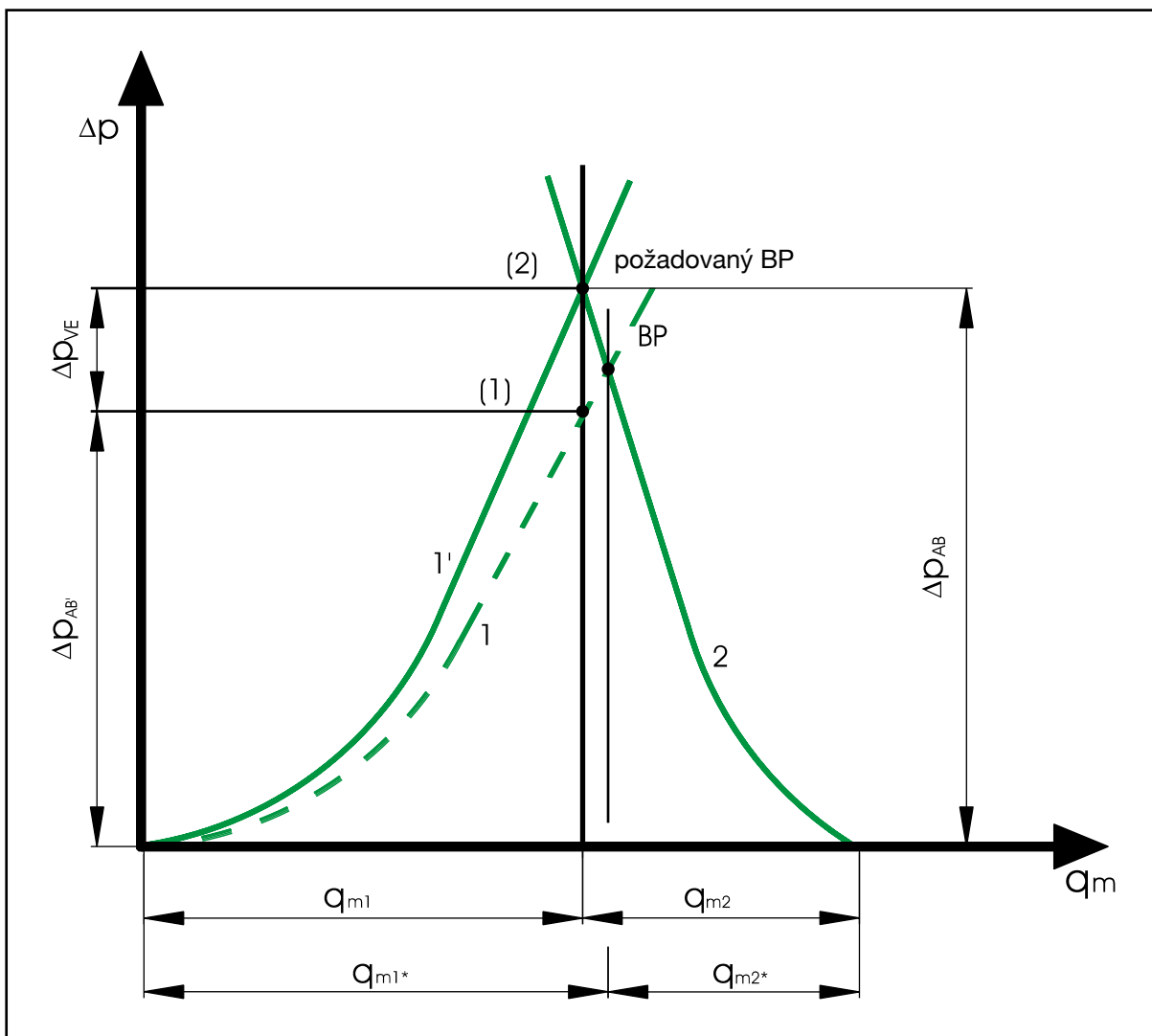
Ve vyvažovacím diagramu je možné jednoduché grafické znázornění tlakových podmínek (obr. 1-12).

Vyvažovací diagram se vytváří v následujících krocích:

- požadované hmotnostní přítoky $q_{m1} + q_{m2}$ se vynesou na osu x,
- nakreslí se obě charakteristiky paralelních úseků (parabola 1 a 2),

- v požadovaném pracovním bodě BP (2) se svisle vede přímka,
- dostaneme dva průsečíky (1) (2) s přímkou vedoucí přes bod (2),
- výškový rozdíl mezi horním (2) a dolním bodem (1) je tlaková ztráta Δp_{VE} , kterou je nutno dodatečně vytvořit ventilem q_{m1} . Pokud se tato tlaková ztráta Δp_{VE} na ventilu dodatečně vytvoří v okruhu 1, dostaneme novou charakteristiku (1*) pro vyvážený úsek.

Průsečík čáry 1* s charakteristikou paralelně zapojeného úseku 2 je požadovaný pracovní bod (2).



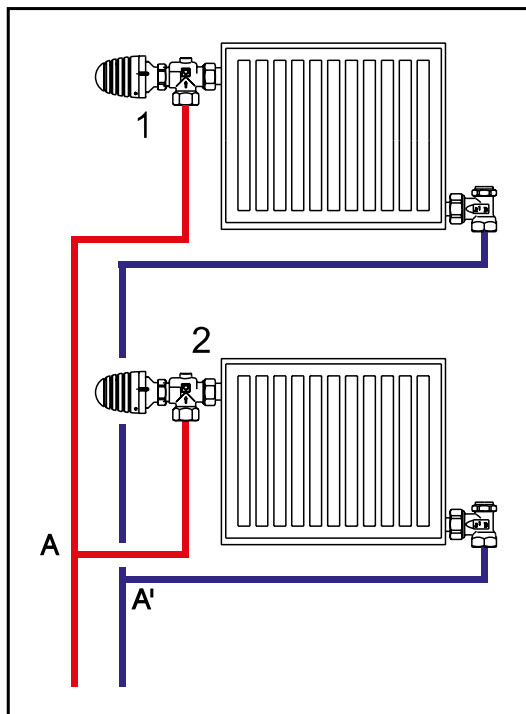
Obr. 1-12 Vyvažovací diagram paralelně zapojených částí potrubní sítě

Bez vyvážení:

Pokud by se Δp_{VE} nevytvořil na ventilu, nastal by rovnovážný stav BP mezi oběma paralelními potrubními úseky. Tím se vytvoří rozdělení hmotnostního průtoku na q_{m1} a q_{m2} .

Požadovaná hodnota se však nachází v (2) a odchytku v průtocích je možno zjistit přímo z diagramu.

Příklad: Připojení dvou topných těles



Obr. 1-13 Dvě paralelně zapojená otopná tělesa

Dvě otopná tělesa jsou paralelně zapojená a tlakové poměry by se měly vyvážit regulačním ventilem otopného tělesa.

Otopné těleso 1: odevzdaný výkon otopného tělesa $\Phi_1 = 1600 \text{ W}$
tlakový spád na přípojovacím potrubí otopného tělesa A - A' = 250 Pa

Otopné těleso 2: odevzdaný výkon otopného tělesa $\Phi_2 = 800 \text{ W}$
tlakový spád na přípojovacím potrubí A - A' = 60 Pa

Teplotní spád je 10 K

Oba ventily otopných těles $\frac{1}{2}$ " je nutno vyvážit tak, aby tlakový spád na **každém** jednom otopném tělese byl stejně velký. Je možno vycházet z toho, že tlakový spád na otopném tělese 1 vyjde vyšší než tlakový spád na otopném tělese 2, a proto ve výpočtu budeme uvažovat zcela otevřený ventil otopného tělesa 1.

Ventil otopného tělesa 2 je nutno nastavit na uzlový tlakový rozdíl A - A'.

Výpočet objemového průtoku:

$$q_{v1} = \frac{\Phi_1}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{1600}{4200 \text{ s} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10} = 0.038 \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} = 0,038 \quad \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 136,8 \quad \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

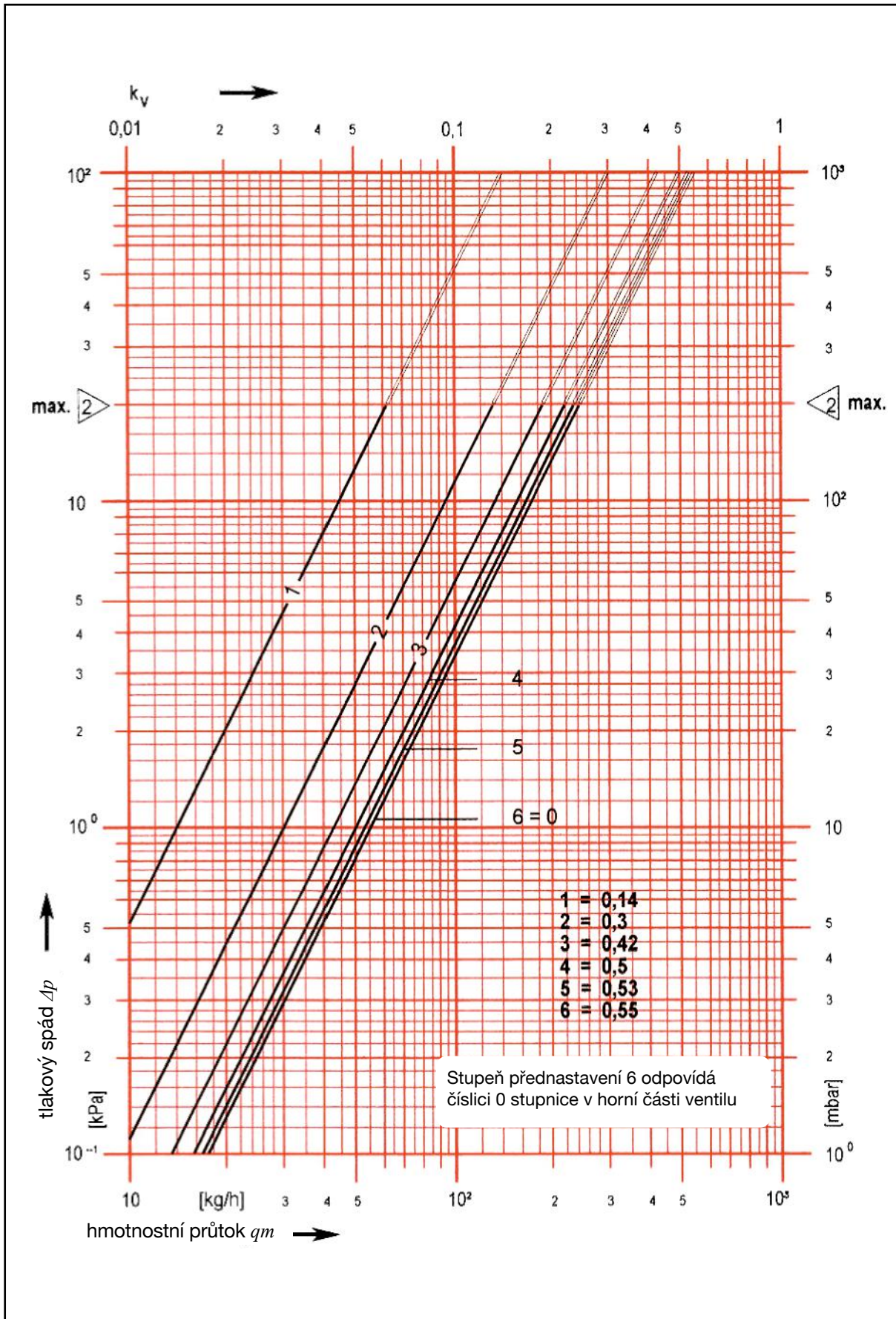
$$q_{v2} = \frac{\Phi_2}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{800}{4200 \text{ s} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10} = 0.019 \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} = 0,019 \quad \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 68,4 \quad \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Zvolený ventil otopného tělesa HERZ TS-98-V 1/2

Tlakový spád na ventilu otopného tělesa 1: $\Delta p_{HRv1} = 1500 \text{ Pa}$ při zcela otevřeném ventilu

Tlakový spád na ventilu otopného tělesa 2: $\Delta p_{HRv2} : \Delta p_1 = \Delta p_2$

$250 \text{ Pa} + 1500 \text{ Pa} = 60 \text{ Pa} + \Delta p_{HRv2} \longrightarrow \Delta p_{HRv2} = 1690 \text{ Pa}$ nastavení ventilu = 5



Obr. 1-14 Diagram ventilu otopného tělesa HERZ TS-98-V 1/2

2 OBĚHOVÁ ČERPADLA

2.1 Základy, pojmy

Oběhové čerpadlo vytápění má za úkol v uzavřeném teplovodním systému zabezpečit oběh vody, tj. dopravovat horkou vodu ze zdroje tepla (např. kotel na vytápění) k tepelným spotřebičům a ochlazenou vodu ze spotřebičů zpět do zdroje tepla.

2.1.1 Průtok čerpadla

Průtok čerpadla je čerpadlem dopravovaný užitečný objemový průtok přes jeho výtlačný průřez.

Průtok systému se vypočítá z tepla odevzdaného spotřebičem a tepelných ztrát rozvodu.

$$q_v = \frac{\Phi_H + \Phi_V}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta}$$

kde:

q_v	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	průtok čerpadla
Φ_H	W	tepelný tok spotřebiče
Φ_V	W	tepelné ztráty rozvodu
$\Delta\theta$	K	teplotní spád, rozdíl teplot tepelného toku
c	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	specifická tepelná kapacita (pro vodu $c = 4,196 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota (pro vodu při $80 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho = 971,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Poznámka:

Ve vytápěcí technice je s dostatečnou přesností možno uvažovat hustotu $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

2.1.2 Dopravní výška čerpadla H

Dopravní výška systému je energie odevzdaná kapalině čerpadlem, vztažená na tíhovou sílu. Udává se v m.

$$H = \frac{\sum (l \cdot R + Z)}{\rho \cdot g}$$

kde:

l	m	délka potrubí
R	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$	tlačový spád
Z	Pa	vřazený odpor
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota (pro vodu při $80 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho = 971,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
g	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	gravitační zrychlení $= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

2.1.3 Výkon čerpadla

Dopravní výkon je od oběhového čerpadla na objemový tok přenesený použitelný výkon.

$$P = \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H$$

kde:

q_v	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	objemový průtok (\dot{V})
P	W	výkon čerpadla
g	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	gravitační zrychlení $= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota
H	m v.s.	dopravní výška čerpadla

2.1.4 Elektrický příkon pohonu čerpadla P_{el} a účinnost čerpadla η_p

Výkon elektrického pohonu se vypočítá podle tohoto vzorce:

$$P_{el} = \frac{q_v \cdot \Delta p_p}{\eta_{celk}}$$

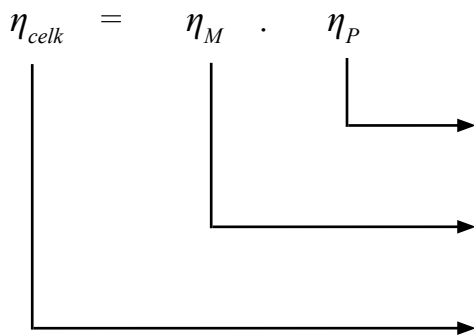
kde:

q_v $m^3 \cdot s^{-1}$ objemový průtok

Δp_p Pa dopravní tlak čerpadla 1m v.s.
= 10 kPa =
= 10 000 Pa

η_{celk} - účinnost čerpadla = $\eta_M \cdot \eta_P$

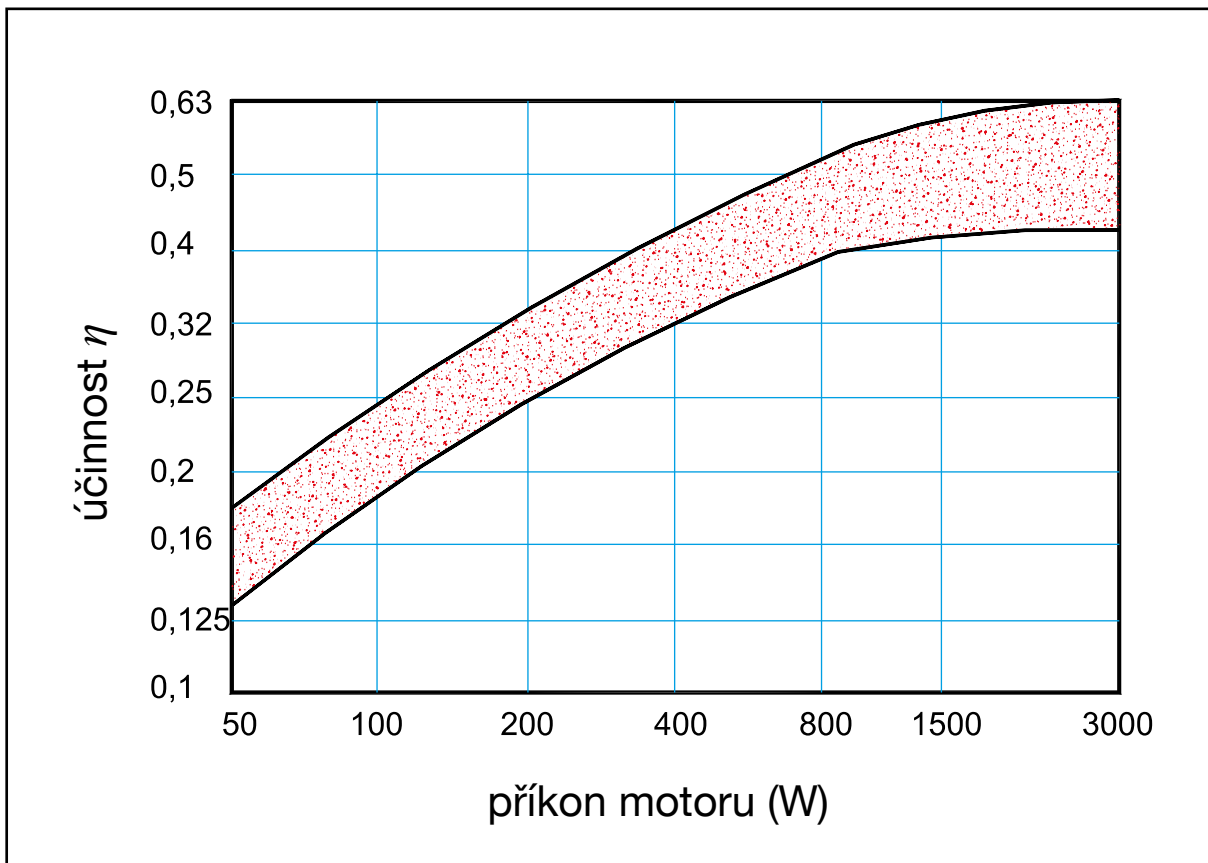
Pro elektricky poháněná oběhová čerpadla platí:



0,40 ... 0,80 malá čerpadla
0,80 ... 0,90 velká čerpadla

0,80 ... 0,95 E-motor

celková účinnost čerpadla



Obr. 2-1 Pásmo celkové účinnosti čerpadla

2.1.5 Čistá pozitivní nasávací výška

Čistá pozitivní nasávací výška $H = \text{NSPH}$ (Net Positive Suction Head) = hodnota přebytku nasávací výšky čerpadla nad dopravní výškou ekvivalentního tlaku nasycených par kapaliny při dané teplotě.

$$H = \frac{p_d - p_{st}}{\rho \cdot g} + \frac{w_d^2 - w_s^2}{2g} + (h_d - h_s)$$

kde:

p_d	Pa	dynamický tlak
p_{st}	Pa	statický tlak
ρ	kg.m ⁻³	hustota
g	m.s ⁻²	gravitační zrychlení = 9,81 m.s ⁻²
w_d	m.s ⁻¹	rychlost ve výtlačném hrdle
w_s	m.s ⁻¹	rychlost v sacím hrdle
h_d	m	geodetická výška výtlačného hrdla
h_s	m	geodetická výška sacího hrdla

Čistá kladná nasávací výška systému musí být bezpodmínečně vyšší než NSPH čerpadla udávaná výrobcem čerpadla, aby se zabránilo kavitaci.

2.1.6 Zákony afinity

Pro každé čerpadlo platí s dobrým přiblížením následující zákony (zákony proporcionality neboli afinity).

Objemový průtok je úměrný počtu otáček.

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Dopravní výška je úměrná druhé mocnině počtu otáček.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Elektrický příkon je úměrný třetí mocnině počtu otáček.

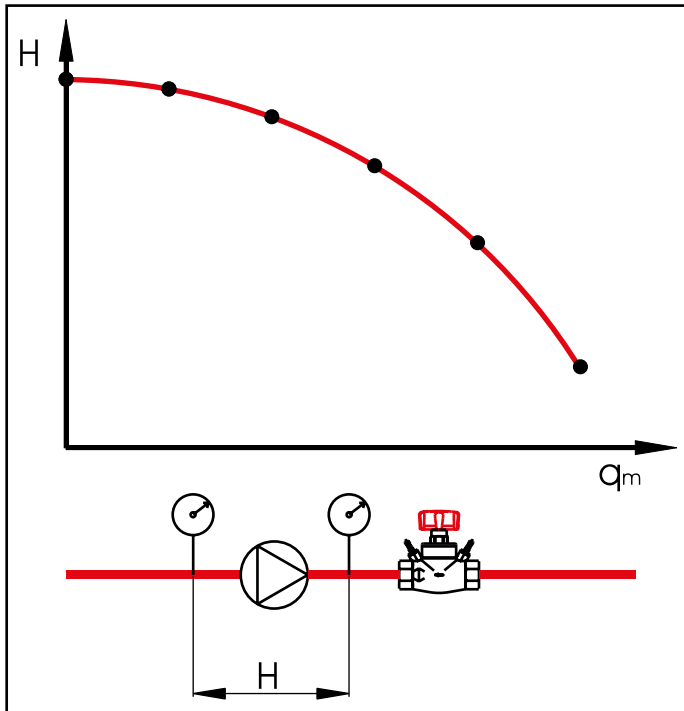
$$\frac{P_{E11}}{P_{E12}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

2.1.7 Charakteristika a pracovní bod čerpadla

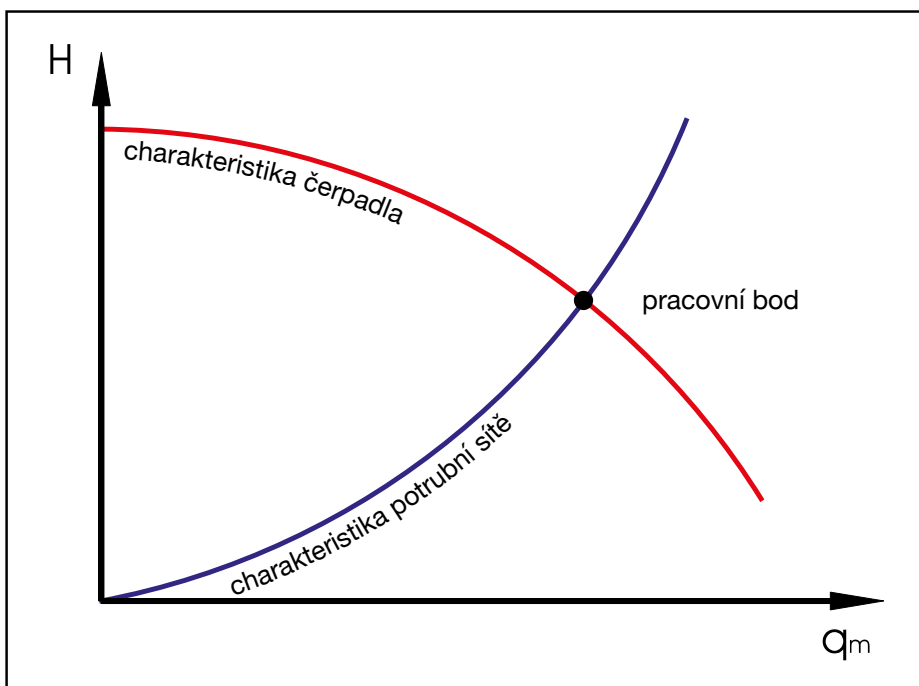
Tato charakteristika udává souvislost mezi objemovým průtokem a tlakem čerpadla při konstantním počtu otáček. Snímá se na zkušebním stojanu při snižování výkonu čerpadla a nazývá se též výkonová charakteristika čerpadla.

Se zavřeným ventilem, tj. při průtoku čerpadla rovném nule, se dosáhne nejvyšší tlak a **dopravní výška odpovídající nulovému průtoku**. Tato výška se často udává jako jeden z parametrů čerpadla.

Provozní tlak je vlastně průsečík charakteristiky potrubní sítě a křivky čerpadla.



Obr. 2-1 Charakteristika čerpadla

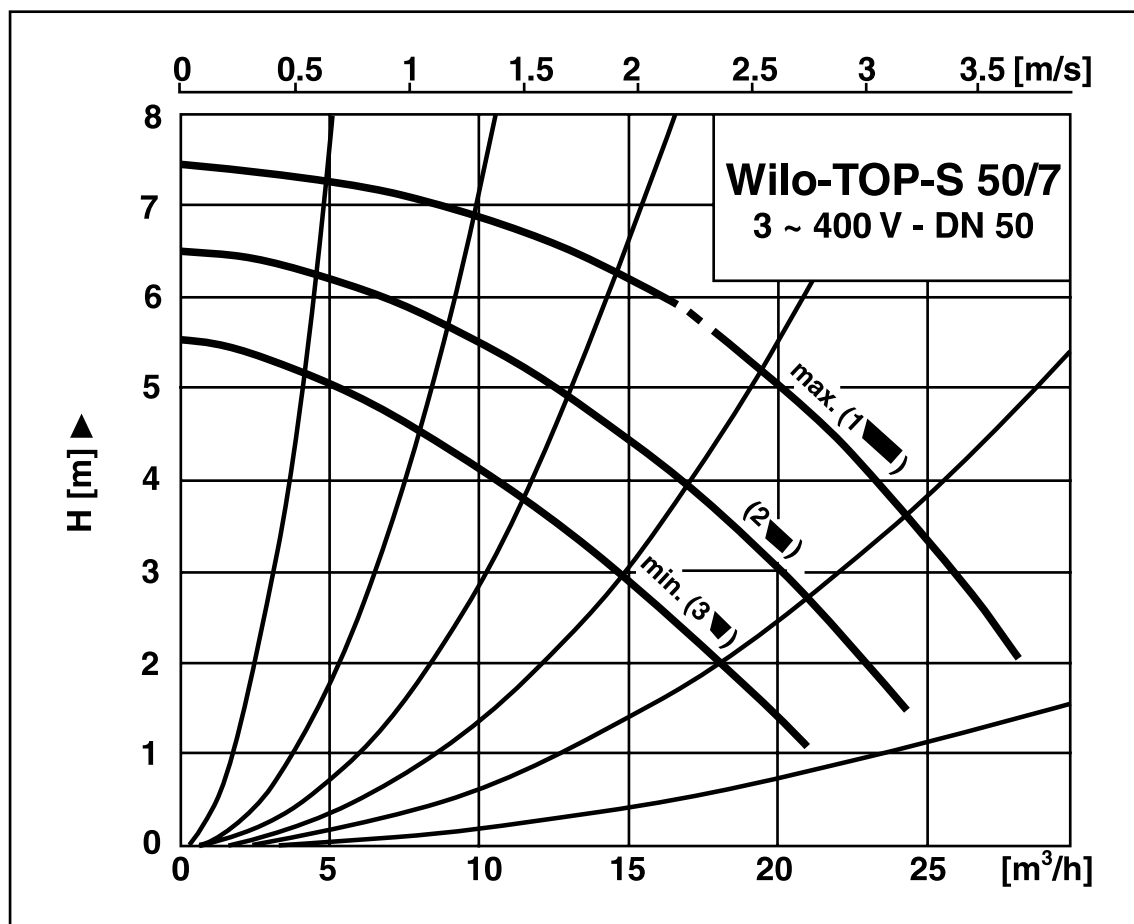


Obr. 2-2 Pracovní bod čerpadla

2.1.8 Pole charakteristik čerpadla

Pro jednodušší přizpůsobení stejného čerpadla různým potrubním sítím nebo provozním stavům byla vyvinuta čerpadla s polem charakteristik. To vede rovněž ke snížení počtu typů čerpadel. V případě 3-rychlostních oběhových se volí nejnižší stupeň tak, aby tvořil asi 50 %

hodnoty nejvyššího stupně. Díky tomuto širokému rozsahu pásem je možno dosáhnout dobrého přizpůsobení. Předpokladem je, aby čerpadlo bylo zkonstruované na maximální počet otáček. Jen tak se může po dobu slabé zátěže snížit počet otáček a přizpůsobit se tak spotřebě.

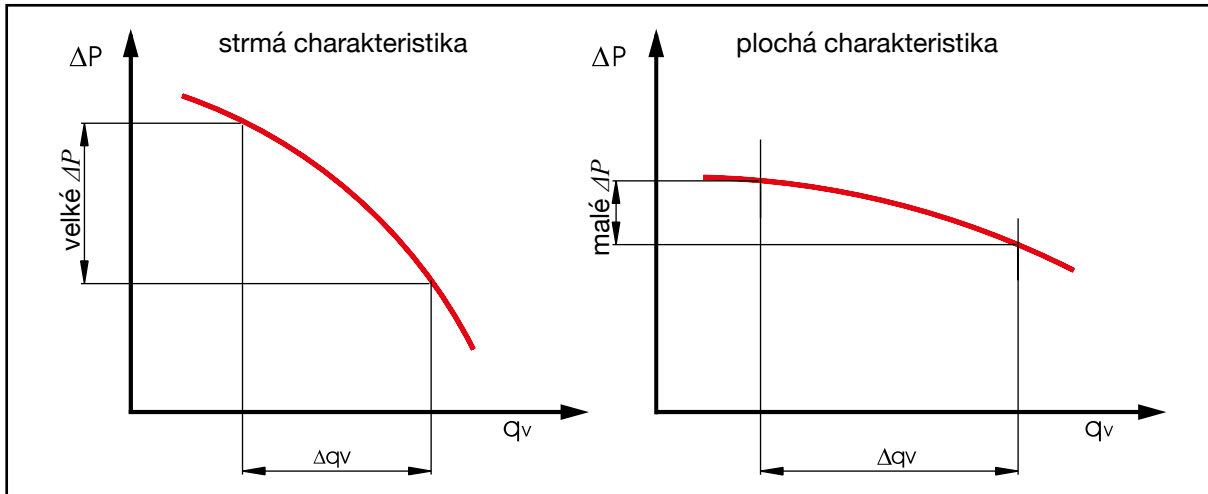


Obr. 2-3 Charakteristika čerpadla s třemi stupni otáček /21/

2.2 Tvar charakteristiky čerpadla

Při ploché charakteristice čerpadla se změnou průtoku se mění dopravní výška jen nepatrně.

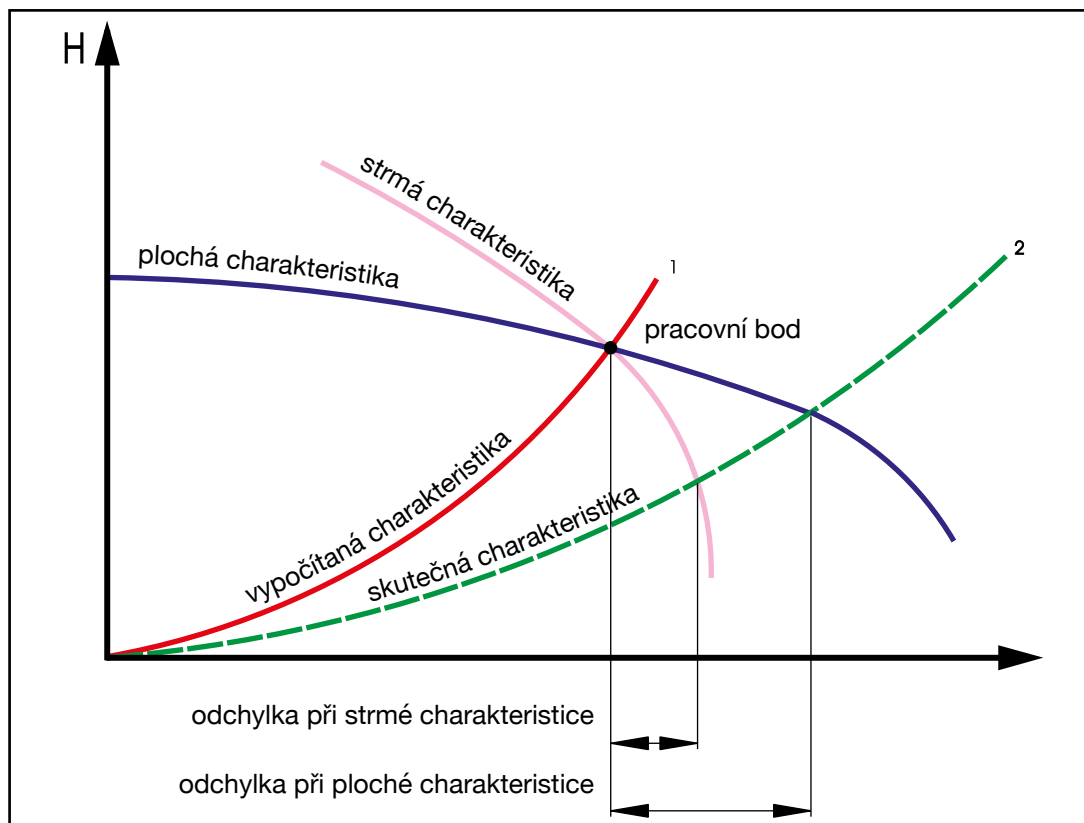
Při strmé charakteristice čerpadla se však se změnou průtoku dopravní výška mění výrazně (obr. 2-5).



Obr. 2-4 Strmá a plochá charakteristika čerpadla

Rozdílné charakteristiky v potrubní síti 1 a 2 udávají rozdílné pracovní body BP.

Z obrázku 2-6 je vidět, že odchylka při strmé charakteristice je menší než při ploché charakteristice.



Obr. 2-5 Odchyly při rozdílných charakteristikách

2.2.1 Regulovatelná čerpadla

Protože čerpadla se vždy dimenzují na potřebnou největší možnou topnou zátěž a skutečná topná zátěž je ve většině případů nižší (asi v 60 % doby topná zátěž představuje méně než 30 % výpočtové zátěže), je hospodárnější přizpůsobit výkon čerpadla. Zejména pokud se přizpůsobení topné zátěže provádí škracením průtoku, nikoli přizpůsobením teploty přívodu, je hospodárnější a méně hlučné neregulovat čerpadlo podle škrťací křivky (samočinně), ale pomocí regulačních zařízení.

K nim patří stupňovitá regulace změnou průměru oběžného kola nebo počtu otáček, přenastavením rozváděcích lopatek (regulace vířením), připojením nebo odpojením čerpadel ve skupině čerpadel nebo spojitou regulací plynulou změnou otáček přes změnu frekvence. Změny frekvence se dosahuje frekvenčním měničem.

2.2.1.1 Elektrické přenastavení výkonu

Snížený hydraulický výkon čerpadla vyvolá snížení elektrického příkonu. Tím se dosáhne i snížení hlučnosti.

Možnosti změny výkonu

- přepínáním pólů
- přepínáním vinutí
- elektronicky fázovým řízením (tyristorem)
- elektronickou regulací počtu otáček frekvenčním měničem

Elektronické fázové řízení vyvolává nežádoucí nárůst hlučnosti motoru. Regulace fázovým řízením nebo frekvenčním měničem má tu výhodu, že je možno ji realizovat spojitě.

2.2.1.2 Druhy regulace

Regulace $\Delta p-c$

Při regulaci $\Delta p-c$ elektronika udržuje v přípustném rozsahu průtoku tlakový rozdíl, vytvořený čerpadlem, na konstantní nastavené požadované hodnotě H_s .

Regulace $\Delta p-v$

Při regulaci $\Delta p-v$ elektronika mění čerpadlem dosahovanou požadovanou hodnotu tlakového rozdílu lineárně mezi H_s a $1/2 H_s$. Požadovaná hodnota tlakového rozdílu H se mění v závislosti na průtoku Q .

2.2.1.3 Provoz čerpadla s regulovanými otáčkami

Dodatečně přizpůsobit výkon čerpadla systému odevzdávání tepla je možné pomocí regulace otáček motoru. Protože se navíc podle druhu regulace systému vytápění jen málo dní využívá maximální výkon čerpadla, čerpadlo může ve zbývajících době pracovat se sníženými otáčkami. Spotřeba elektrické energie je potom výrazně nižší.

Dnes jsou nabízeny kompaktní elektronicky regulované čerpadlové jednotky. Tyto jednotky se skládají z čerpadla, motoru, frekvenčního měniče s integrovaným vysílačem požadované hodnoty a z potřebných obslužných a indikačních jednotek s rozhraními výstupu provozních údajů. Vyznačují se jednoduchou obsluhou. Při výběru by se mělo zohlednit, aby byla dosažena optimální účinnost v tom rozsahu, v němž se průtok bude převážně vyskytovat. Dále je nutno zabezpečit dostatečnou rezervu výkonu motoru pro případ přetížení. Hodnota NPSH systému musí být tak velká, aby se zabránilo kavitaci čerpadla.

Tento způsob provozu šetří nejen elektrickou energii, ale i zabraňuje zbytečnému oběhu topné vody. Tím je možno rovněž zabránit nežádoucímu hluku.

2.2.2 Dimenzování čerpadel (čerpadla s elektronicky regulovatelnými otáčkami)

2.2.2.1 Všeobecné informace

Čerpadla s elektronicky řízenými otáčkami jsou plynule spínaná z důvodu elektrického ovládání, což znamená, že přizpůsobují svoji kapacitu dodávání aktuálním požadavkům spotřebitele, což hraje hlavní roli v oblasti úspory energie. Mají širokou škálu uplatnění. V našem případě se oběhová čerpadla používají na systémy vytápění nebo chlazení. Před několika lety byla do systémů instalována čerpadla bez možnosti řízení. Ve většině případů bylo možné provozovat tato čerpadla s třemi stupni otáček 1 až 3 a následně provozovat s trvale vysokým výkonem, což vedlo k vyšší spotřebě energie. Čerpadla nebyla schopna rozpoznat změny v systému vytápění, např. zavření otopných těles, a proto nadále pracovala s nezměněným výkonem.

V současnosti se nabízí a instalují kompaktní, elektronicky řízená čerpadla (čerpadla s regulací otáček). Skládají se z čerpadla, motoru, frekvenčního měniče s integrovaným generátorem požadovaných hodnot a potřebných řídicích a zobrazovacích jednotek s rozhraními pro výstup provozních údajů. Umožňují snadné použití. Při výběru je však nutno brát do úvahy, že optimální účinnost by měla být dosažena v každé oblasti. Kromě toho by měla být zaručena dostatečná rezerva výkonu motoru pro provozní bod. Systémová hodnota NPSH (NPSH čistá pozitivní sací hlava): velikost podle posouzení sacího chování odstředivého čerpadla) musí být dostatečně velká, aby se zabránilo kavitaci čerpadla. Při tomto provozním režimu není topná voda zbytečně vysílána v okruhu a rovněž je možno zabránit nepříjemným zvukům, jako je hluk v systému vytápění.

Čerpadlo s elektronicky regulovatelnými otáčkami přizpůsobuje svoji křivku charakteristiky nezávisle na aktuálním provozním bodu systému vytápění. Prostřednictvím změny počtu otáček se automaticky mění dopravní výška a objemový průtok.

2.2.2.2 Oblast použití

Čerpadla s elektronicky regulovatelnými otáčkami se používají v různých systémech, většinou jako oběhová čerpadla ve vytápěcích systémech. V menších systémech může čerpadlo převzít funkci regulátoru tlakové difference a udržovat požadovanou hodnotu tlakové difference v systému. Požadovaná hodnota

ta diferenčního tlaku se mění s průtokem.

Vedle ideálního přizpůsobení požadavků se klade důraz rovněž na úsporu energie při použití čerpadla s regulací otáček. Běžná životnost více než deset let určuje základní náklady na energii s podílem přibližně 90 % úrovně nákladů na životný cyklus. Přibližně 3 % tvoří pořizovací náklady, což je pouhý zlomek nákladů. To znamená, že nastavení rychlosti je nejlepší způsob, jak snížit provozní náklady na čerpadlo.

Automatická změna výkonu čerpadla a související úspory energie závisí výhradně na systému. Průtok, který musí tepelné čerpadlo přepravovat, závisí na spotřebě tepla budovy, která se má vytápět. Dopravní výška však závisí na stávajícím třecím odporu trubek. Při renovaci stávajících systémů vytápění je nutno provést přibližný výpočet pro stanovení požadovaného údaje o průtoku.

2.2.2.3 Druhy regulace

U čerpadel s elektronicky regulovatelnými otáčkami mohou být nastaveny různé provozní a regulační režimy. Rozlišuje se mezi dvěma typy regulace, které mohou být vykonávány nezávisle čerpadlem a provozními režimy, v nichž čerpadlo samo nekontroluje, ale musí být nastaveny na příslušný provozní bod. Pomocí dalších ovládacích zařízení a ovládacích prvků je možné zpracovávat a přenášet různé údaje.

2.2.2.3.1 Konstantní dispoziční tlak $\Delta p-c$

Elektronika udržuje dispoziční tlak generovaný čerpadlem konstantní v povoleném rozsahu průtoku až po předem nastavenou hodnotu H_s dispozičního tlaku.

2.2.2.3.2 Variabilní dispoziční tlak $\Delta p-v$

Elektronika převádí lineárně nastavenou hodnotu dispozičního tlaku, kterou má čerpadlo udržovat mezi H_s a $1/2 H_s$. Požadovaná hodnota dispozičního tlaku se mění s průtokem Q nahoru nebo dolů.

2.2.2.3.3 Regulace dispozičního tlaku s řízenou teplotou $\Delta p-T$

Při tomto typu regulace elektronika mění požadovanou hodnotu dispozičního tlaku, kterou má čerpadlo udržovat v závislosti na naměřené teplotě média. U tohoto typu ovládání jsou možné dvě nastavení:

- Regulace s kladným směrem působení (sklon) – Pokud teplota proudícího topného média stoupá, lineárně se zvyšuje požadovaná hodnota dispozičního tlaku. Oblast použití je například standardní kotel s klouzavou výstupní teplotou média.
- Regulace se záporným směrem působení (sklon) - při zvyšování teploty topného média lineárně klesá nastavená hodnota dispozičního tlaku. Oblast použití je kromě jiného v kondenzačních kotlech, ve kterých se musí udržovat určitá minimální teplota vratné topné vody, aby se dosáhlo nejvyššího možného využití tepla topného média. Instalace čerpadla do vratného potrubí systému je naprosto nevyhnutelná.

2.2.2.4 Dimenzování

2.2.2.4.1 Nový systém

Při instalaci nového systému vytápění se mohou vstupní údaje vypočítat pomocí výpočtových programů a na jejich základě je možno navrhnout oběhové čerpadlo.

2.2.2.4.2 Stávající systém

Při renovaci stávajícího systému vytápění se musí provést přibližný výpočet pro stanovení požadovaných údajů o rychlosti dodávek. Pokud není k dispozici žádný program na navrhování čerpadel, dopravní výšku H a objemový průtok Q_{PU} je možno určit pomocí několika údajů a čerpadlo je možno navrhnout pomocí webových stránek výrobce čerpadla nebo aplikace pro chytré telefony. V závislosti na výkonu musí čerpadlo vytvořit určitý dodávací tlak, aby byly překonány všechny odpory nainstalované v systému vytápění a aby bylo možno zásobovat otopná tělesa a/nebo podlahové vytápění topnou vodou.

2.2.2.4.2.1 Objemový průtok

Objemový průtok na výstupu z výtlačné strany čerpadla se nazývá dopravní průtok nebo množstevní průtok. Pokud je v systému vytápění nainstalováno nové objemové čerpadlo, jeho velikost se určuje podle průtoku pomocí tohoto vzorce:

Objemový průtok:

$$Q_{PU} = \frac{Q_N}{\rho \cdot c \cdot \Delta\theta} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

kde:

Q_N	W	potřeba tepla na vytápění
ρ	kg/m ³	objemová hmotnost vody [1 kg/l]
c	Wh/kg.K	specifická tepelná kapacita vody [1.163 Wh/kg.K]
$\Delta\theta$	K	teplotní spád v systému - rozdíl teploty přívodní a vratné topné vody - cca 20 K

2.2.2.4.2.2 Dopravní výška

Aby bylo možné dopravit topné médium ke každému spotřebiči v systému, musí být pomocí instalovaného čerpadla překonány všechny zabudované odpory. Protože přesné vedení potrubí a instalované jmenovité průměry se dají velmi těžko určit, pro přibližný výpočet dopravní výšky použijeme následující vzorec:

$$\text{Dopravní výška: } H = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10,000} \quad [\text{mWS}]$$

kde:

R	Pa/m	tlaková ztráta třením na 1 metr potrubí (50 – 150 Pa/m) (v závislosti na roku výstavby, starší budovy mají vzhledem na větší rozměry potrubí nižší tlakové ztráty na 1 metr potrubí)
L	m	délka potrubí k nejbližšímu spotřebiči od zdroje tepla
ZF		přirážkový faktor pro armatury a tvarovky

- Tvarovky a armatury $\approx 1,3$
 - Termostatické ventily $\approx 1,7$
 - Směšovací a zpětné klapky $\approx 1,2$
 - Tvarovky a armatury + termostatické ventily $\approx 2,2$
 - Tvarovky a armatury + termostatické ventily + Směšovací a zpětné klapky $\approx 2,6$
- 10.000 Faktor pro přepočet na metr vodního sloupce (mWs) z pascalů (Pa).

2.2.2.5 Příklad použití

Podle podkladů má zdroj tepla staršího bytového domu výkon 60 kW.

Při teplotním rozdílu $\Delta\theta$ ot 20 K K (teplota přírodní vody je +70 °C/ teplota vratné vody je + 50 °C) je výsledkem průtok Q_{PU} :

$$Q_{PU} = \frac{Q_N}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{60}{1,163 \cdot 20} = 2,57 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

V případě stejné budovy s nižším teplotním spádem, např. 15 K, by čerpadlo muselo být schopné dodat 1,5-násobek objemového průtoku: přibližně 3,9 m³ / h, aby bylo schopné dopravit požadovanou tepelnou energii ze zdroje ke spotřebičům.

Tlaková ztráta třením potrubí na 1 metr R by měla být v našem příkladu 50 Pa / m, délka trubky L pro přírodní a vratné potrubí pro nejvzdálenější místo od zdroje tepla je 170 m a přírážkový faktor ZF je 2,2 (nainstalované jsou tvarovky a armatury a termostatické ventily). Výsledkem je dopravní výška H :

$$H = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10,000} = \frac{50 \cdot 170 \cdot 2,2}{10,000} = 1,87 \text{ mWs}$$

2.2.2.6 Důsledky přibližného výpočtu čerpadla

Pokud požadavek potřeby tepla budovy s neznámým potrubním systémem určíme pouze pomocí přibližného výpočtu, vyvstává otázka skutečných účinků. Pokud se průtok Q čerpadla sníží o 10 %, topný výkon otopných těles klesne pouze o 2 %. Totéž platí i v případě, kdy se průtok Q zvýší asi o 10 %, otopná tělesa odevzdají pouze asi o 2 % více energie na vytápění. I kdyby se průtok zdvojnásobil, výkon vytápění by se zvýšil pouze o asi 12 %. Důvodem je rovněž to, že rychlost vody v otopných tělesech je přímo úměrná průtoku. Vyšší průtok znamená kratší dobu setrvání vody v otopném tělese. Pokud je průtok nižší, čerpané médium má více času odevzdat teplo do místnosti.

I výrazné poddimenzování by mělo jen srovnatelně menší následky. Například s průtokem 50 % by otopná tělesa dodala místnosti asi 83 % energie na vytápění.

Vzhledem k tomu, že spotřebiče dostávají příliš málo energie, není nutno dimenzovat příliš velké čerpadlo.

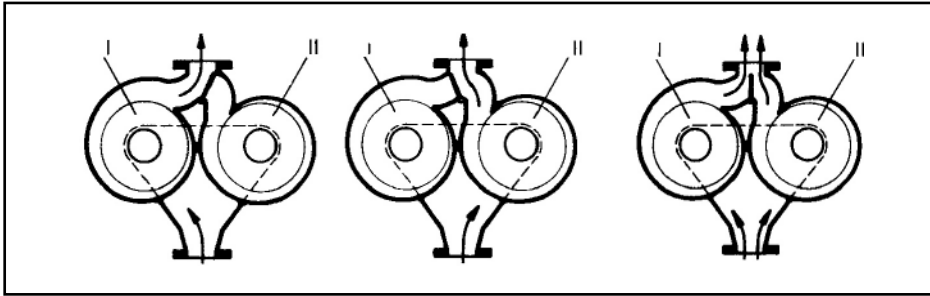
2.2.2.7 Nastavení dopravní výšky pro zcela neznámé systémy

V současnosti dostupná oběhová čerpadla s elektronicky řízenými otáčkami nabízí velmi jednoduchý způsob přizpůsobení potřebné dopravní výšky neznámému systému. Následující body poskytují stručný přehled:

- Nejdůležitějším předpokladem je požadavek, aby rozvodné potrubí bylo pečlivě vyvážené a systém byl důkladně odvzdušněný. Při odvzdušňování musí být všechny regulační ventily otevřené.
- Oběhová čerpadla mají různé možnosti nastavení dopravní výšky. Na začátku se čerpadlo nastaví na nejmenší výkon. U nejvíce nepříznivého topného tělesa by měla stát osoba, která bude informovat osobu u čerpadla o stavu otopného tělesa. Pokud se do tohoto nejvzdálenějšího bodu soustavy nedostala žádná topná voda, osoba u čerpadla bude postupně zvyšovat dopravní čerpadla. Je nutno mít na paměti setrvačnost proudícího média.
- V okamžiku, kdy do vytápěcího tělesa vtéká topná voda s dostatečným průtokem a teplotou, je nastavení dopravní výšky čerpadla dokončené.

2.2.2 Sériové a paralelní zapojení čerpadel

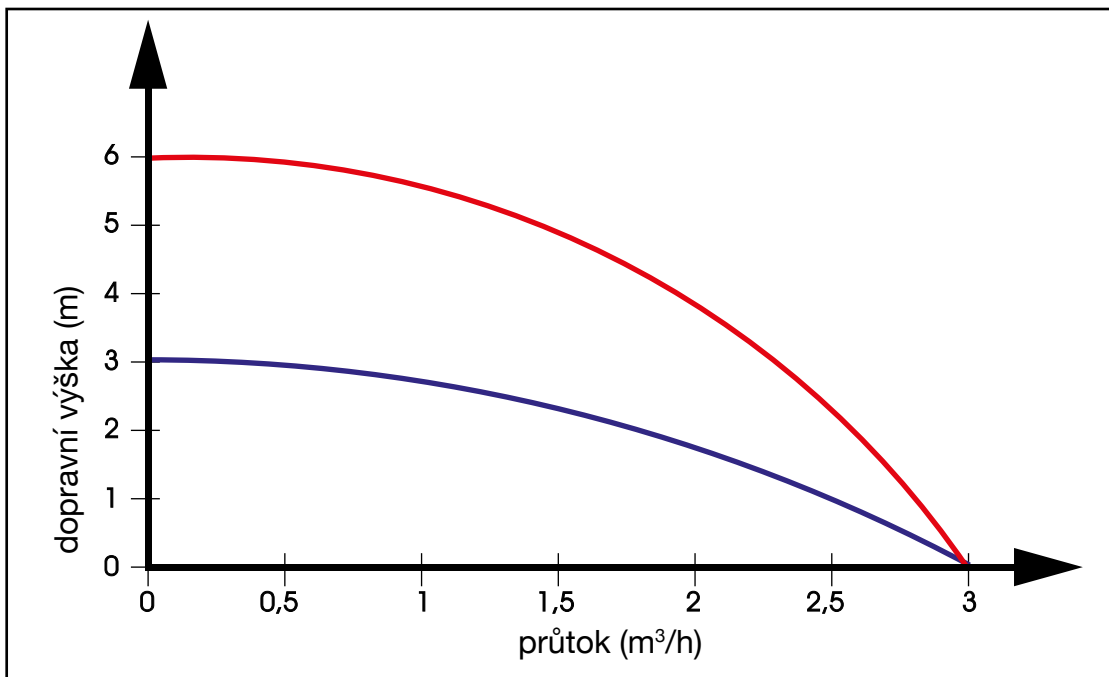
Pokud se požaduje vysoce spolehlivý provoz nebo jsou potřeba rezervy ve výkonu, používají se dvojčerpadla.



Obr. 2-6 Druhy provozu dvojčerpadel /21/

Pokud je při relativně malém průtoku velká dopravní výška, musí se zapojit do série dvě čerpadla. Charakteristiky se sčítají podle obr. 2-8. Při dopravní výšce při nulovém

průtoku ($V=0$), např. když obě čerpadla pracují proti zavřenému vlačovacímu uzávěru, obě dopravní výšky se sčítají.



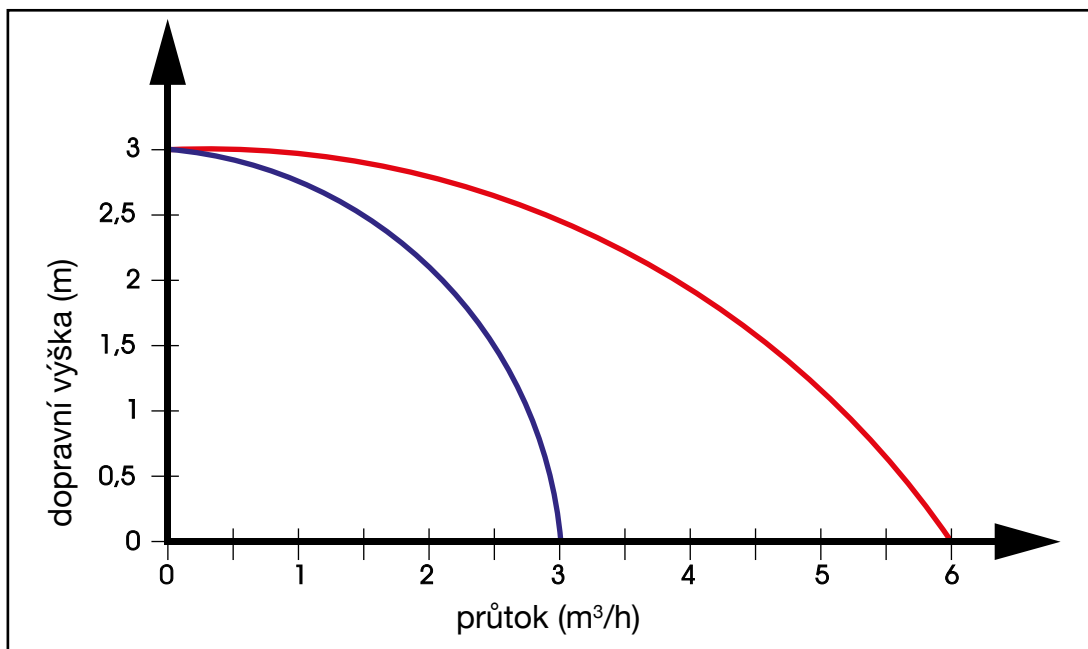
Obr. 2-7 Sériové zapojení dvou čerpadel

V druhém extrémním bodě, při beztlakovém čerpání ($H=0$), ani obě čerpadla společně nemohou čerpat víc než jedno čerpadlo samotné.

Pokud je potřeba větší průtok při poměrně malé dopravní výšce, použije se víc čerpadel v paralelním provozu. Pokud se použijí dvě

čerpadla stejného typu, sčítají se jejich charakteristiky podle obr. 2-9.

Pouze při beztlakovém čerpání ($H=0$) dochází ke zdvojnásobení průtoku. Analogicky k sériovému zapojení, v druhém extrémním bodě (nulový průtok) obě čerpadla společně nemají větší dopravní výšku než jedno čerpadlo samotné.

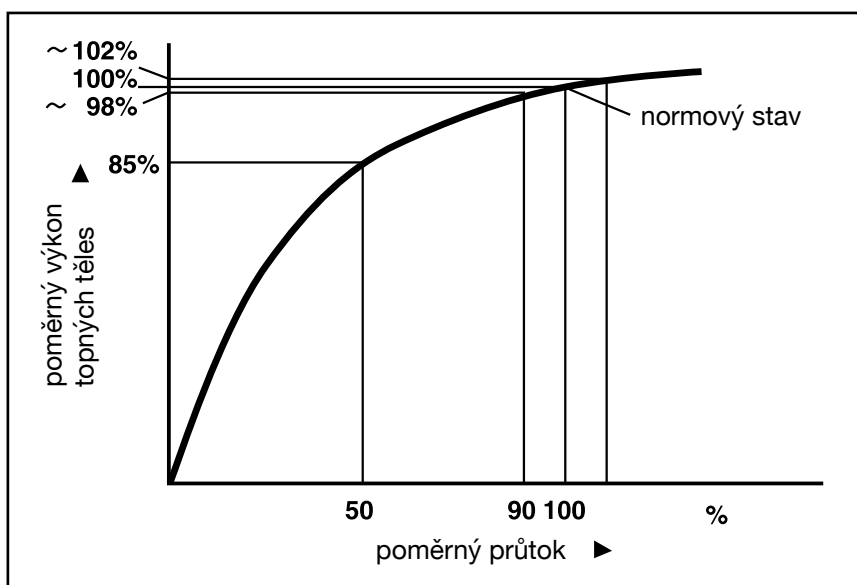


Obr. 2-8 Paralelní zapojení dvou čerpadel

2.3 Výběr čerpadel a tepelný výkon otopných těles

Obrázek 2-10 ukazuje typickou výkonovou křivku otopného tělesa prostoru. Na tomto diagramu

je vidět, jak se mění výkon otopného tělesa se změnou objemového průtoku procházejícího otopným tělesem. Jak je možno zjistit z výkonové charakteristiky, 10 % změna objemového průtoku při výpočtové teplotě znamená jen $\pm 2\%$ změnu výkonu otopného tělesa.



Obr. 2-9 Výkonová charakteristika otopného tělesa

Příklad:

Pokud se zmenší objemový průtok na polovinu (na 50 %), výkon otopného tělesa stále dosahuje $\approx 85\%$ topného výkonu Φ_{100} .

Z výpočtových hodnot se vypočítá požadovaná hodnota:

$$\text{objemový průtok} \quad q_v = \frac{q_m}{\rho} = \frac{\Phi}{c \cdot \rho \cdot \Delta\theta}$$

$$q_v = \frac{\Phi}{1,163 \cdot 0,972 \cdot \Delta\theta} = \frac{\Phi}{1,13 \cdot \Delta\theta} \quad m^3 h^{-1}$$

pro vodu o teplotě 80 °C

kde:

q_v	$m^3 \cdot h^{-1}$	objemový průtok
q_m	$kg \cdot h^{-1}$	hmotnostní průtok
Φ	W	tepelný tok = tepelný výkon P
ρ	$kg \cdot m^{-3}$	hustota
c	$Wh \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	specifická tepelná kapacita
$\Delta\theta$	K	$=(\theta_v - \theta_R)$ teplotní spád, rozdíl teplot

Příklad: Výběr čerpadla pro obytný blok

Topná zátěž pro obytný blok $\Phi = 613$ kW,

Teplovodní vytápění přívod : $\theta_v = 90$ °C, zpětná voda : $\theta_R = 70$ °C

$\Delta\theta = 20$ K, $\rho = 0,9716$ při 80 °C

$$q_v = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta \cdot \rho} = \frac{613}{1,16 \cdot 20 \cdot 0,9716} = 27,2 \quad m^3 \cdot h^{-1}$$

Dopravní výška H musí pokrýt celkovou tlakovou ztrátu vytápěcího okruhu s největším tlakovým spádem.

Tlaková ztráta v potrubní síti se skládá z tlakových ztrát:

- přímého potrubí $R \cdot l$
- vřazených odporů $\sum \Delta p_E = \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2$
- regulačních armatur, reg. ventilů $\Delta p_v = 10^5 \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$

Celkový tlakový spád $\Delta p = R \cdot l + \sum p_E + p_v$

Předpoklad:

Tlaková ztráta se vypočítá jako nejpříznivější přítoková cesta (obvykle cesta k nejbližšímu spotřebiči) s $R = 100 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$.

Při vřazených odporech, kromě regulačních ventilů, se ve výpočtu uvažuje 40 – 60 % z celkové tlakové ztráty.

Délka přívodního a zpětného potrubí $l = 223 \text{ m}$

Tlakový spád	Pa
v potrubí 223m . 100 Pa/m = 22300 Pa (= 60%)	
60% podíl z celkového tlakového spádu $100\% = \frac{22300}{60} 100 =$	37167
trojcestný směšovací ventil $k_{vs} = 200, \text{ DN } 125$	
$p_v = 100 \cdot \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left(\frac{27,2}{200} \right)^2 = 1,85 \text{ kPa} =$	1850
Požadovaný tlak čerpadla Δp_p	39017
	= 3,9 m v.s.

Konstanta potrubní sítě $K^* = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{27,2}{\sqrt{3,9}} = 13,8$

Každý pracovní bod leží na parabolické charakteristice potrubní sítě

$$q_v = K^* \sqrt{\Delta p}$$

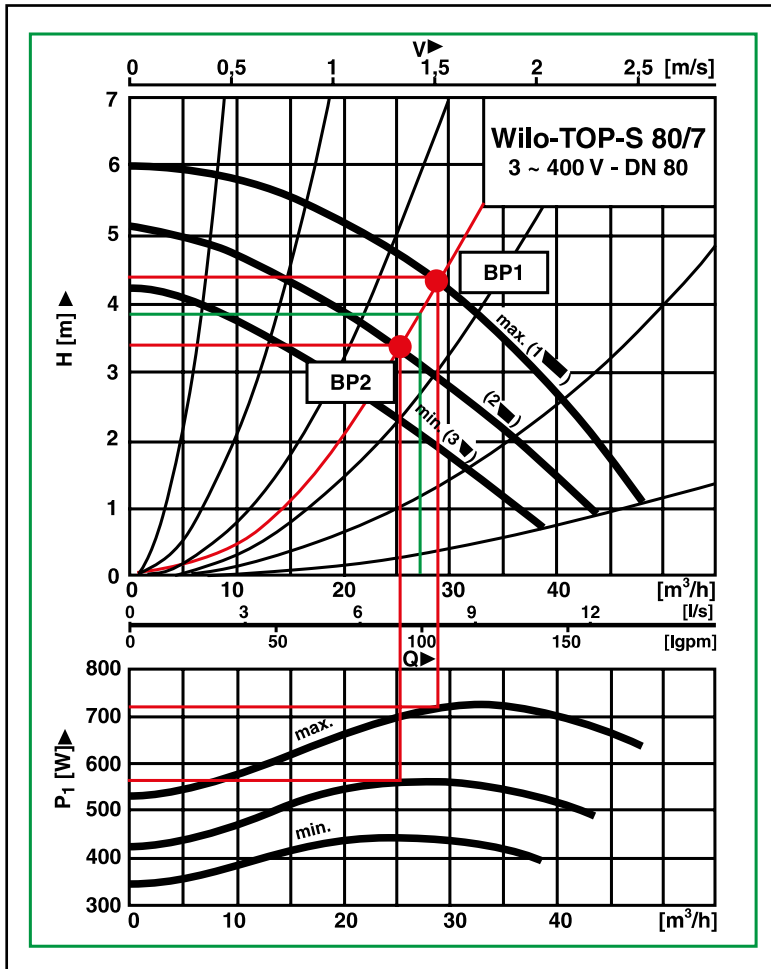
Při logaritmických stupnicích obou os se parabola zobrazí jako přímka. Protože čerpadlo může pracovat jen podél své charakteristiky, skutečný pracovní bod bude v průsečíku obou čar.

Příklad: Výběr čerpadla

Postup výběru čerpadla:

Počítáme s pracovním bodem z předchozího příkladu.

Zvolené čerpadlo: WILO TOP-S 80 / 7



Obr. 2-10 Diagramy čerpadla WILO TOP-S 80 / 7 /21/

Odečtený pracovní bod pro stupeň 1:

$$q_v = 29 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$H = 4,15 \text{ m v.s.} = 41,5 \text{ kPa}$$

$$P_{el} = 710 \text{ W}$$

Odečtený pracovní bod pro stupeň 2:

$$q_v = 25,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$H = 3,2 \text{ m v.s.} = 32 \text{ kPa}$$

$$P_{el} = 570 \text{ W}$$

Spotřeba elektrické energie:

Pro stupeň 1 při 220 dnech vytápění bez letního odpojení vychází pro $P_{el} = 710 \text{ W}$ při $n = 1450$

$$W = P_{el} \cdot t = 0,71 \cdot 5280 = 3949 \text{ kWh}$$

Při uvádění systému vytápění do provozu se zpravidla ukáže, že charakteristika potrubní sítě má plošší průběh, než se původně předpokládalo. Častou příčinou bývá použití potrubí jiné jmenovité světlosti a délky nebo změny v instalaci. Proto se při výpočtu potrubní sítě přidává velkorysě použití přidavných faktorů a bezpečnostních přírážek.

Výkonu čerpadla, který je podle výpočtu pro systém potřebný, je možno obecně dosáhnout s menším čerpadlem.

Tento výběr přináší řadu výhod:

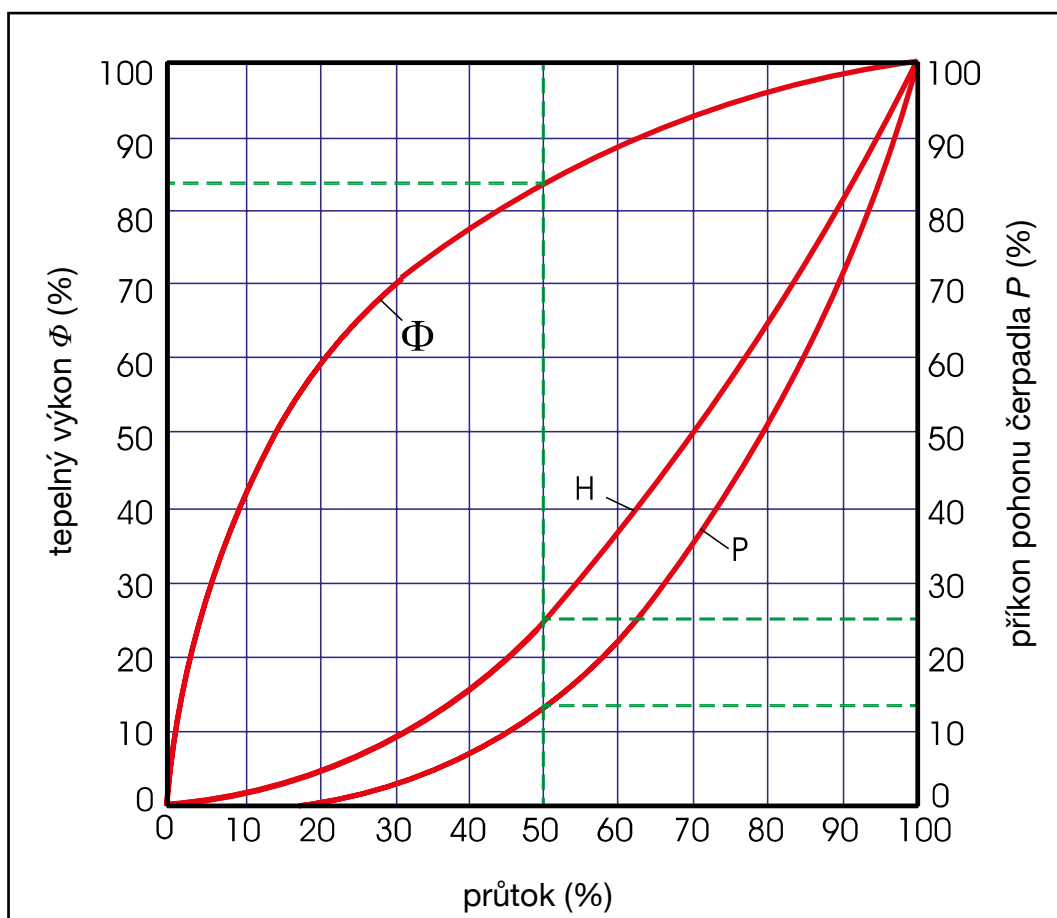
- nižší investiční náklady a nižší spotřeba elektrické energie
- nižší hladina hluku čerpadla
- zabránění se hlučnosti proudění, k níž by mohlo docházet při vysoké rychlosti proudění v případě použití příliš velkého čerpadla, zejména na termostatických ventilech otopných těles

- tím se zabrání hluku vyvolanému prouděním, ke kterému může dojít zejména na termostatických ventilech v důsledku vysokého průtoku, pokud je čerpadlo příliš velké.

Výběr čerpadla by měl být proveden tak, aby pracovní bod byl ve střední třetině charakteristiky čerpadla. V tomto rozsahu čerpadlo dosahuje optimální provozní hodnoty. Zde je možno v diagramech čerpadel najít body s nejvyšší účinností.

V případě pochybností je vhodné v systému vytápění zvolit menší čerpadlo.

Na obr. 2-12 jsou v procentním vyjádření zobrazené závislosti tepelného výkonu vytápěcích ploch Φ , dopravní výšky čerpadla H a elektrického příkonu pohonu čerpadla P na průtoku čerpadla.



Obr. 2-11 Tepelný výkon a příkon pohonu čerpadla jako funkce průtoku

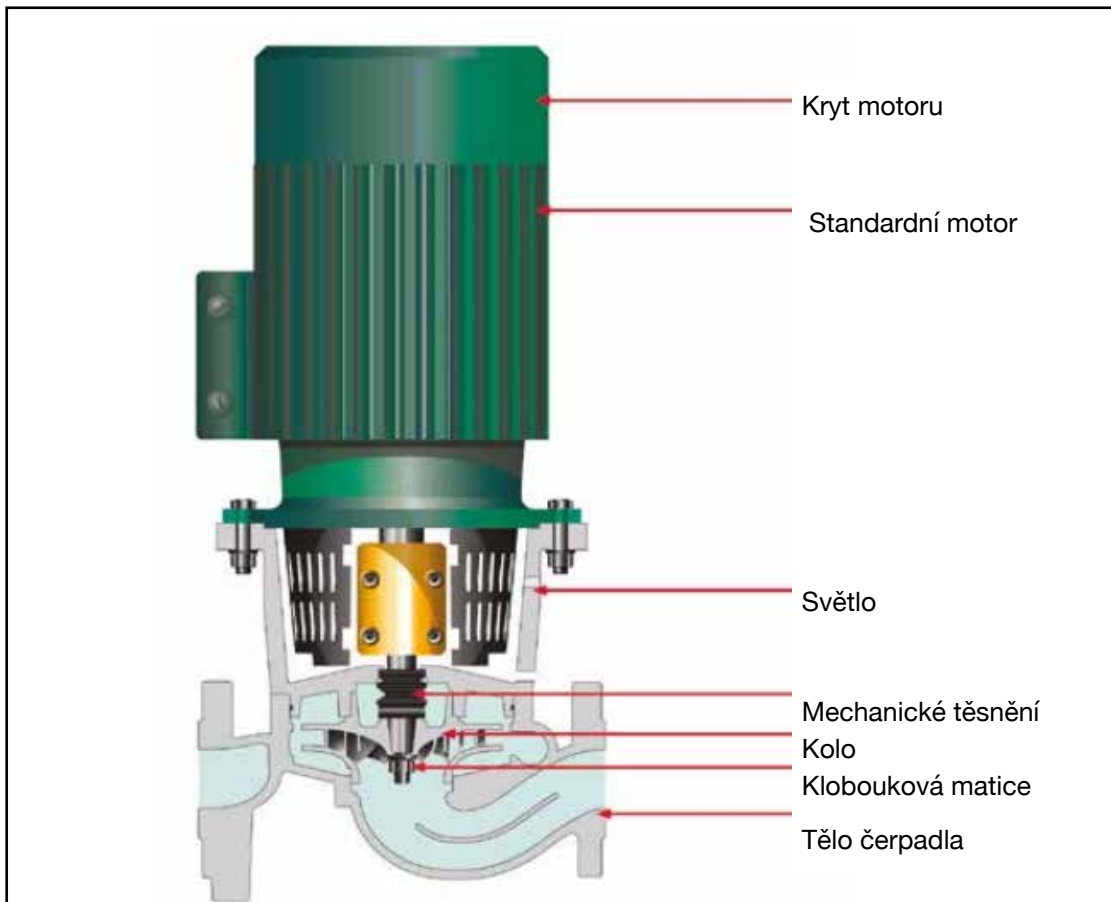
Příklad odečtu z grafu:

Při 50 % průtoku čerpadla třeba jen 12,5 % příkonu pro pohon čerpadla. Tepelný výkon otopného tělesa tím klesne na 82,5 %.

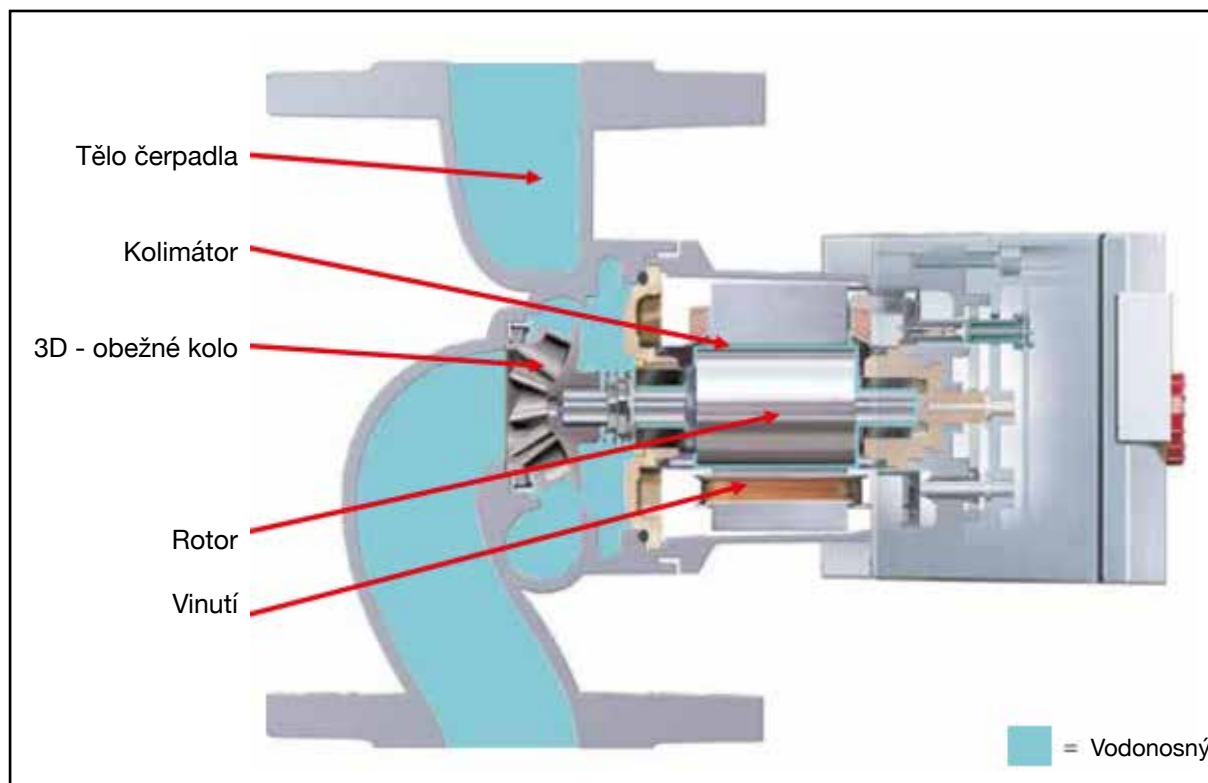
2.4 Konstrukční typy čerpadel

Čerpadla se principiálně vyrábí zejména pro montáž přímo do potrubí (čerpadla IN LINE), tj. nasávací a výtlačné hrdlo jsou v jedné přímce. U malých čerpadel (jmenovitá světlost do 100 mm) se vyrábí spirálové kryty ve vyhotovení ze šedé litiny nebo nerezového plechu spojené s motorem přírubou, u větších světlostí se kryty opatří patkami. Oběžná kola z vysoce kvalitního plastu, nerezového plechu nebo šedé litiny se vyrábí v různých velikostech, aby se dopravní výšky mohly vhodně kombinovat. Podle potřebné dopravní výšky se pro menší výšku používají axiální čerpadla a pro větší výšku radiální čerpadla. Jako čerpadla pro vytápění se používají zejména dva typy: čerpadla s motorem se za-

pouzřeným rotorem (mokroběžné) a čerpadla s mechanickou ucpávkou (suchoběžné). Oba typy jsou k dispozici jako jednoduché čerpadlo nebo jako zdvojené čerpadlo. U mokroběžných čerpadel jsou všechny rotující části ve vodě, ucpávka je vytvořena rotorovým pouzdem. Čerpaná topná voda slouží zároveň jako mazivo ložiska rotoru. Mokroběžná čerpadla jsou nehlučná a prakticky bezúdržbová. Jejich rozsah výkonu je 10 W až 2,5 kW, což odpovídá přibližně dopravní výšce do 12 m a průtoku do 100 m³/h. Naproti tomu u suchoběžných čerpadel je těsnění hřídele zajištěno mechanickou ucpávkou z vysoce kvalitního keramického materiálu, čímž se dosahuje dlouhá životnost. Hlučnost suchoběžných čerpadel je o něco vyšší než u mokroběžných čerpadel. Suchoběžná čerpadla se používají od příkonu 0,75 kW.



Obr. 2-12 Řez suchoběžným čerpadlem /21/

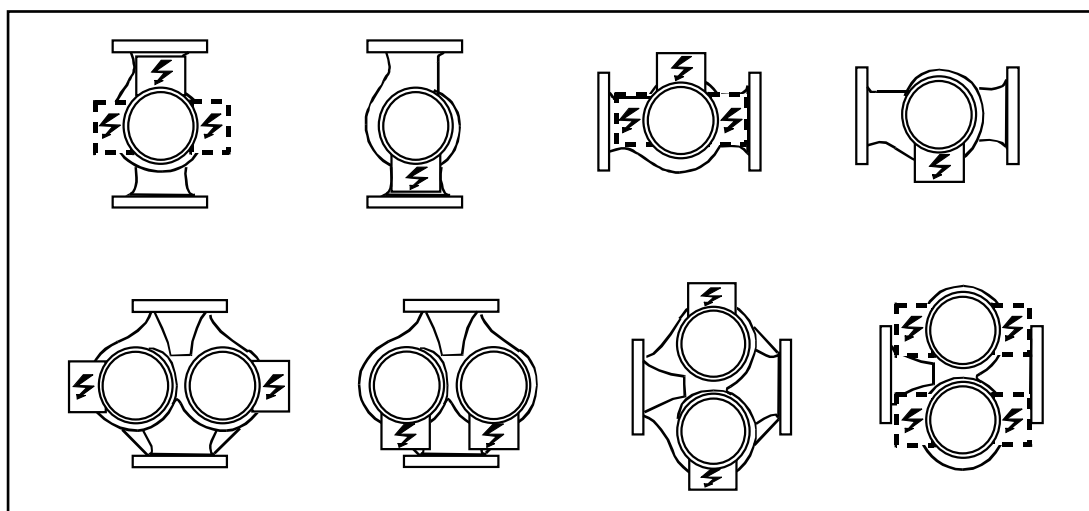


Obr. 2-13 Řez mokroběžným čerpadlem /21/

2.4.1 Zabudování čerpadel

Přívodní potrubí čerpadla by mělo mít podle možností malý odpor, aby bylo možno dodržet příznivé poměry proudění. Nasávací a výtlačnou stranu je nutno pro účely údržby vybavit uzavíracím ventilem. V zásadě je čerpadla možno osazovat do přívodního i zpětného potrubí. Z důvodu tepelné zátěže je však nutno upřed-

nostnit zabudování do zpětného potrubí. U mokroběžných čerpadel má směr zabudování velký význam, protože topná voda slouží zároveň jako mazivo a rovněž na chlazení. Hřídel čerpadla musí být vždy ve vodorovné poloze, aby byl zajištěn rovnoměrný provoz. Při svislém uspořádání by chování při provozu bylo nestabilní a rychle by vedlo k výpadku čerpadla.



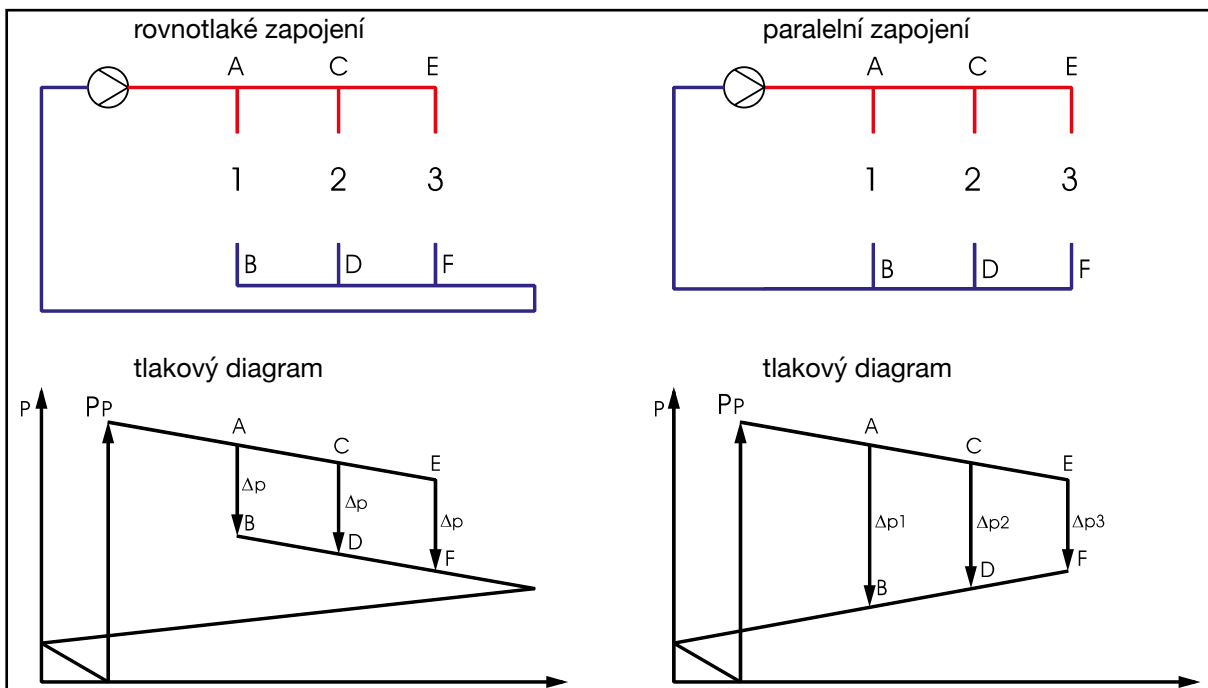
Obr. 2-14 Přípustné polohy zabudování čerpadel /21/

3 TLAKOVÉ DIAGRAMY

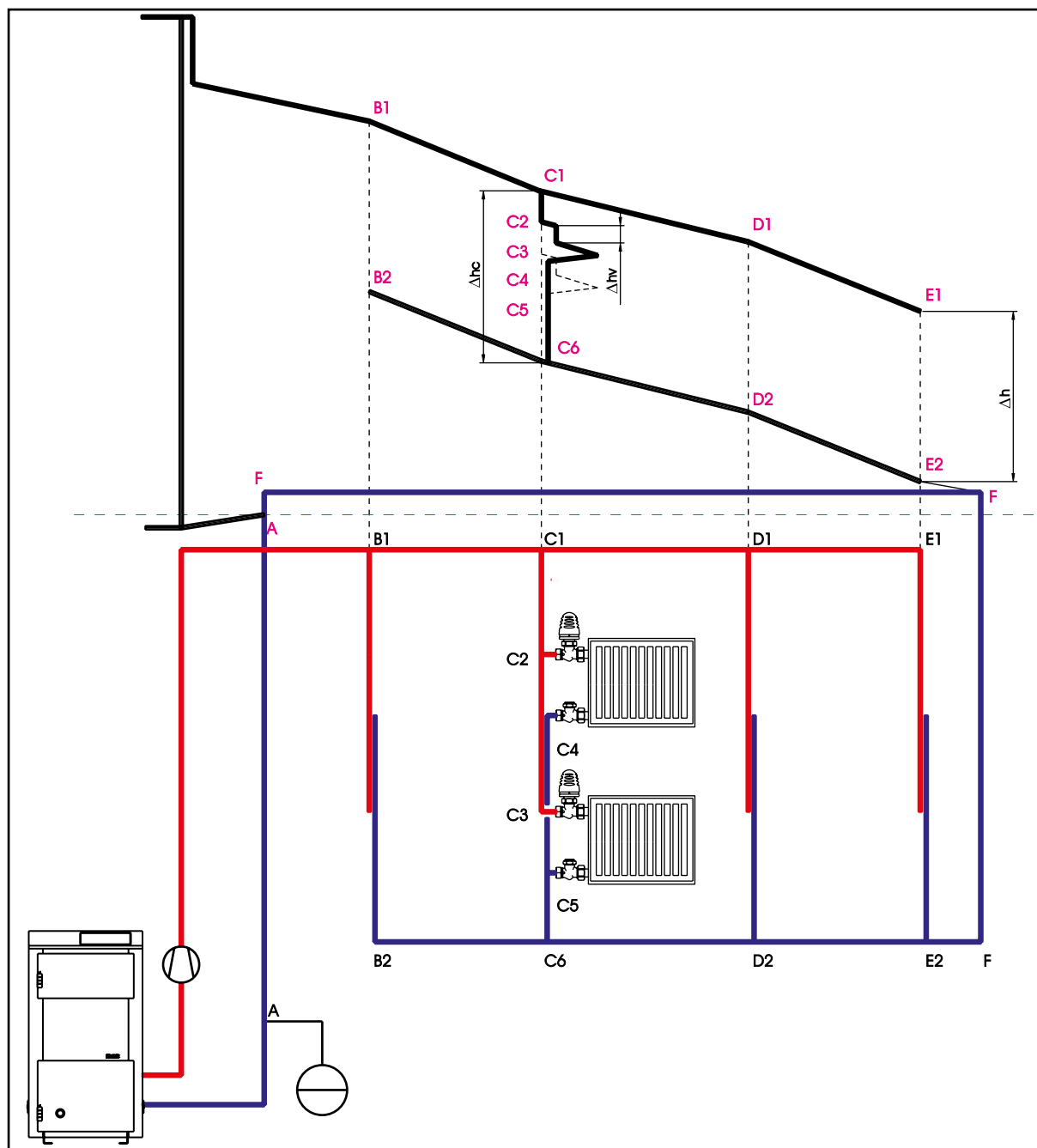
3.1 Tlakové poměry v potrubní síti

Uzlové body jsou body systému, ve kterých odbočuje větev přívodním a zpětným potrubím z hlavních potrubí.

Analogicky to platí pro připojení otopných těles. Vlivem tlakových ztrát dále pokračujících potrubí vzniká tlakový rozdíl v uzlových bodech. Pro každý systém je možno nakreslit tlakový diagram. Z linie provozního tlaku je možno zjistit uzlový tlakový rozdíl. Pro konvenční zapojení a paralelní zapojení podle Tichelmanna (rovnotlaké zapojení) viz obr. 3-1.



Obr. 3-1 Tlakové poměry v teplovodním systému vytápění

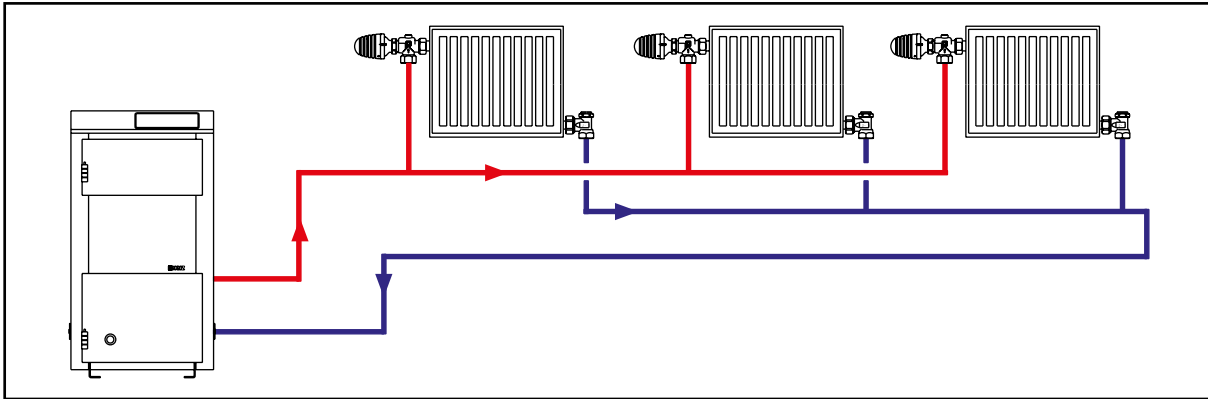


Obr. 3-2 Tlakový diagram dvojtrubkového systému vytápění s Tichelmannovým zapojením

Rovnotlaké zapojení podle TICHELMANNA:

Nevrhnul ho A. TICHELMANN a představuje zvláštní dispozici potrubí, při které má každé vytápěcí těleso stejnou délku připojovacího okruhu začínající zdrojem tepla. Stejná

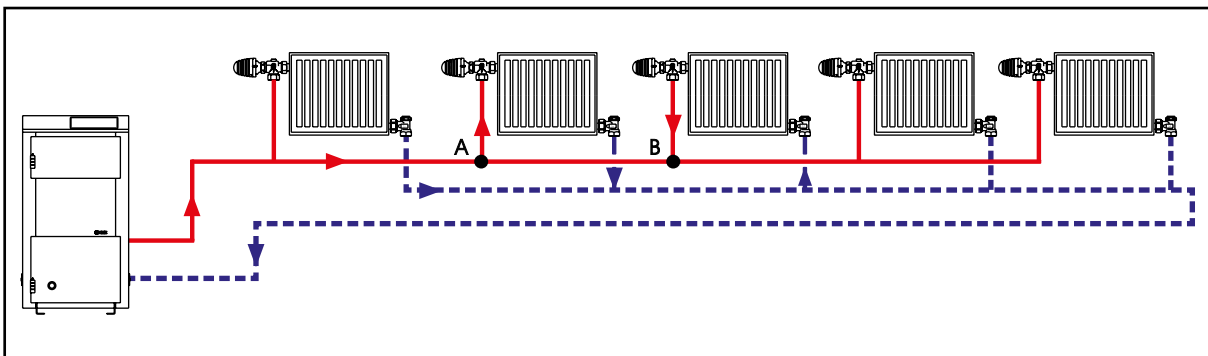
tlaková ztráta na každém otopném tělese však vzniká jen tehdy, když všechna otopná tělesa mají stejný výkon, a tudíž i průtok je stejně velký. Výpočet potrubní sítě by se v tomto případě zjednodušil a při správném uspořádání by byly potřeba jen malé vyvažovací zásahy.



Obr. 3-3 Tichelmannův systém – způsob realizace potrubí

I u Tichelmannova systému však mohou vznikat problémy – totiž v případě, kdy tlaková ztráta mezi dvěma odbočkami je vyšší než tlaková ztráta na otopných tělesech. V tomto případě může vzniknout cirkulace otopnými tělesy v opačném směru.

Na obr. 3-4 nastane cirkulace otopným tělesem opačným směrem, pokud tlakový spád mezi A a B bude příliš velký. Otopné těleso bude napájené ze zpětného potrubí. To je však možné čistě teoreticky a v praxi k tomu nikdy nedochází.

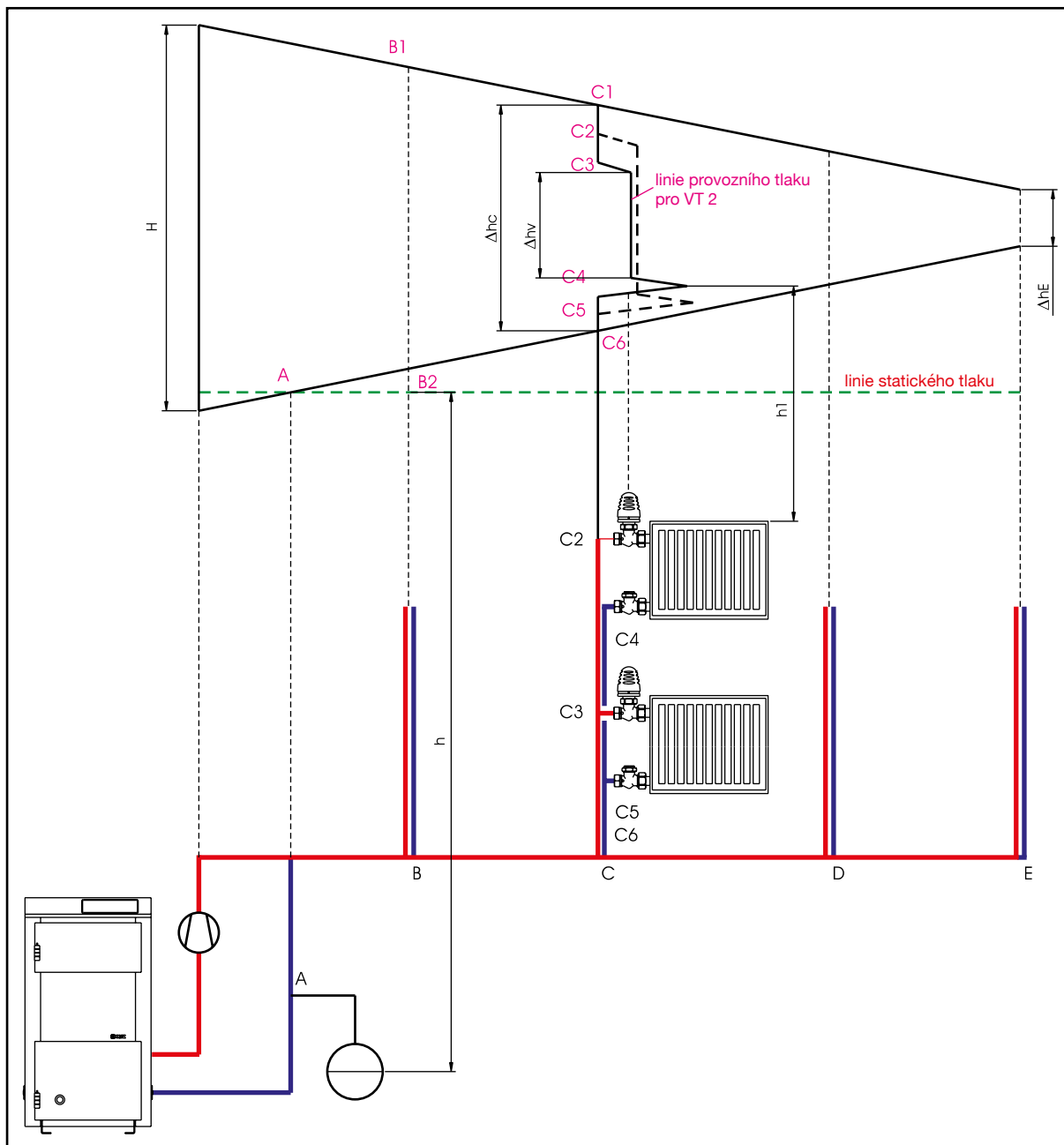


Obr. 3-4 Možné směry cirkulace v Tichelmannově systému

Použití:

I když je použitím Tichelmannova systému možno docílit rovnoměrných tlakových poměrů, tento příklad ukazuje, že i u hydraulicky jednoduchých rozvodů je nutno vypočítat tlakovou ztrátu. Tichelmannův systém se osvědčuje zejména tam, kde všechna zařízení mění energii nebo zařízení odevzdávají

teplo připravují nebo odevzdávají stejný výkon. To by mohlo být např. při připojení více topných kotlů nebo tepelných výměníků na jedno hlavní potrubí, při kruhovém zapojení spotřebičů tepla nebo při napojení potrubních hadů velkoplošného vytápění či sálavých panelů a slunečních konektorů.



Obr. 3-5 Tlakový diagram dvojtrubkového systému vytápění se spodním rozvodem

V bodech B, C, D, E odbočují větve 1 až 4,
 C_1 C_6 jsou body větve 2

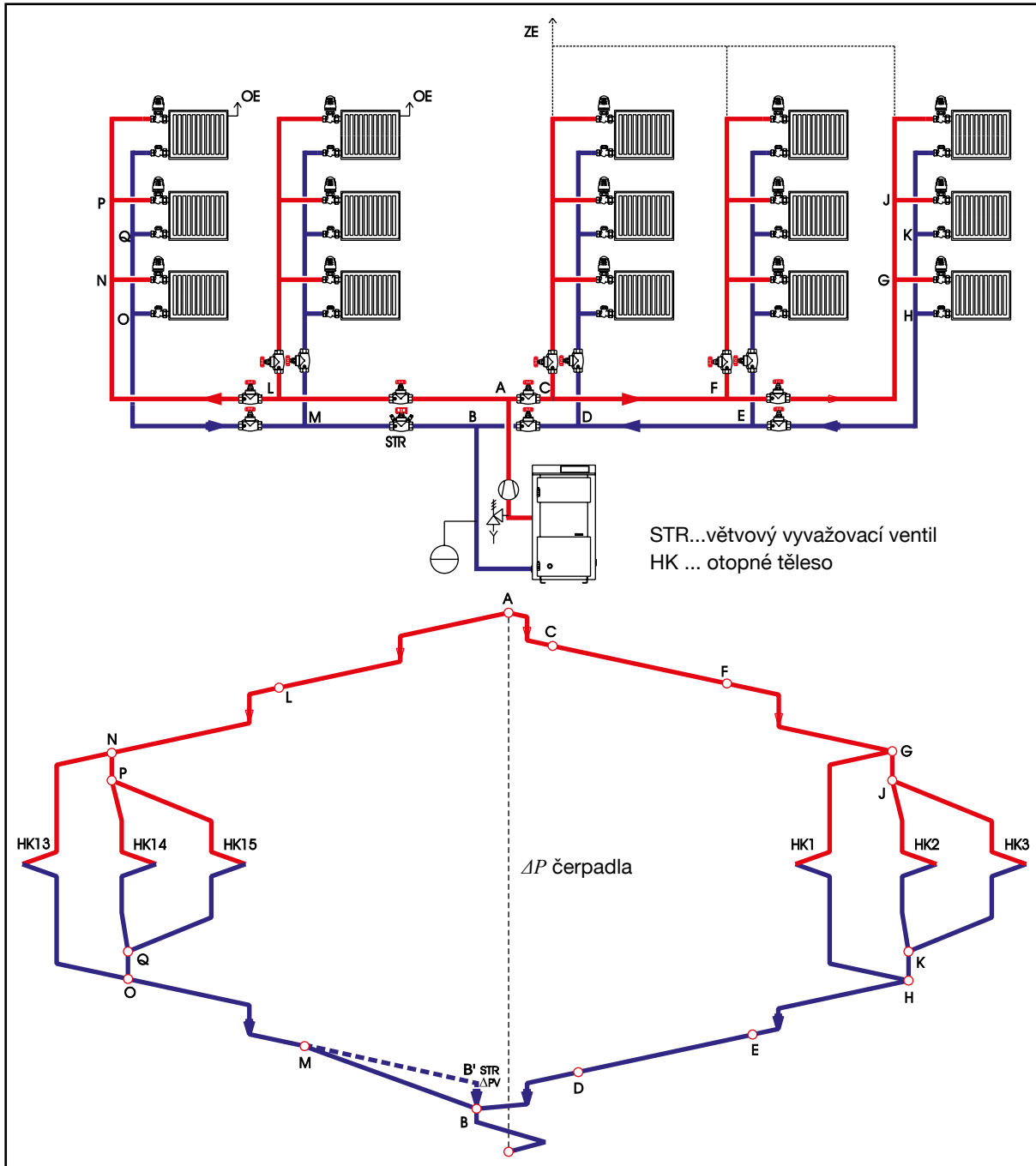
Δh_E = uzlový tlakový rozdíl větve 4
 (= tlaková ztráta větve 4)

H = dopravní výška čerpadla

h_1 = provozní tlak VT 1

Δh_C = uzlový tlakový rozdíl větve 2

Δh_V = tlakový rozdíl, který musí zaškrtnit
 ventil otopného tělesa 1



Obr. 3-6 Tlakový diagram teplovodního systému vytápění se spodním rozvodem (uzavřený systém – pravou: s centrálním odvzdušněním ZE, vlevo: s místním odvzdušněním OE)

Pro dvojtrubkový systém se spodním rozvodem je na obr. 3-6 zakreslená čára provozního tlaku.

Nejprve byla za čerpadlem zakreslena pravá část od bodu A. Tlakové ztráty dílčích úseků \overline{AC} , \overline{CF} , \overline{FG} , \overline{GJ} snižují provozní tlak. K hydrostatickému tlaku se přitom nepřihlíží. Vyznačí se tlaková ztráta na otopném tělese HK 3. Ta musí být stejná jako tlaková ztráta na otopném tělese HK 2. Pro otopné těleso HK 1 je k dispozici uzlový tlakový rozdíl od G po H

a musí se spotřebovat vyvážením v regulačním ventilu otopného tělesa HV (zobrazené zrcadlově).

Vyznačí se tlakové spády dílčích úseků \overline{HE} , \overline{ED} a \overline{DB} podél potrubních úseků.

Nyní následuje totéž pro levou část od bodu A do bodu B'. Zůstává tlakový rozdíl B' – B, který musí spotřebovat větvový vyvažovací ventil v dílčím seku \overline{MB} .

Zřetelné je tedy vyrovnání tlaků uskutečněné pomocí tohoto vyvažovacího ventilu.

4 SYSTÉM ODEVZDÁVÁNÍ TEPLA VE VYTÁPĚNÝCH PROSTORÁCH

4.1 Okrajové podmínky

Při dimenzování systému odevzdávání tepla je nutno brát do úvahy:

- (1) účel použití (např. využití prostoru a vnitřní teplota),
- (2) systém odevzdávání (např. článková nebo desková otopná tělesa, konvektorové nebo integrované vytápění),
- (3) systém výroby tepla (např. topný kotel, tepelný výměník, tepelné čerpadlo, sluneční kolektory),
- (4) systémově optimalizované energetické použití (např. nízkoteplotní systémy, využití odpadového tepla),
- (5) výpočtové teploty teplonosné látky.

4.2 Dimenzování systémů odevzdávání tepla v prostorách

Pro jednotlivé systémy odevzdávání tepla platí následující zásady:

(1) Článková a desková otopná tělesa

Normové výkony otopných těles tvoří základ dimenzování. Je nutno zohlednit faktory změny výkonu podle způsobu připojení, zákrytu nebo metalického nátěru otopných těles.

Přepočet normových topných výkonů na jiné teploty a/nebo jiné střední upravené teploty teplonosné látky (topné) je nutno provést podle normy ÖNORM M 7513.

(2) Konvektory

Při dimenzování je nutno postupovat podle údajů výrobce a je nutno brát do úvahy faktory změny výkonu (např. podle střední upravené teploty teplonosné látky, způsobu vyhotovení šachty tělesa).

(3) (Integrované) vytápění - podlahové vytápění

Při dimenzování podlahového vytápění je nutno použít normové výpočty a doplnit je odpovídajícími údaji výrobce.

(4) (Integrované) vytápění – jiné systémy

Při výpočtech je nutno vzít do úvahy údaje výrobců a/nebo údaje z příslušné odborné literatury. Při dimenzování stropního sálavého vytápění je nutno zohlednit účinnou teplotu okolních ploch, geometrické parametry, účel použití prostoru a pobytovou oblast.

(5) Jiná otopná tělesa

Při dimenzování je nutno brát do úvahy údaje výrobců nebo, pokud nejsou dostatečné, údaje z příslušné odborné literatury. Při použití speciálních typů zařízení, např. ventilátorových konvektorů, je nutno zohlednit následující vlivy: hlučnost, tepelnou pohodu (viz norma ÖNORM H 6000-3), podíl venkovního vzduchu, zpětné získávání tepla.

Většina firem dnes nabízí výpočtové programy na dimenzování svých systémů dimenzování tepla. Tím se výpočty mohou značně zjednodušit. Přesto je důležité znát teoretické základy, z nichž tyto programy vychází.

4.3 Výpočtové teploty

Při výběru teploty systému je nutno zohlednit způsob výroby energie i odevzdávání energie. Protože kondenzační kotle představují současný stav techniky a vyžadují nízkou teplotu zpětné vody, bylo by principiálně vhodné volit co nejnižší teplotu systému.

I při použití tepelných čerpadel by se mělo dbát na to, aby se systém odevzdávání energie dimenzoval tak, aby nebyly potřeba žádné příliš vysoké teploty přírodní vody.

Podle normy ÖNORM H 5150-1 se doporučují následující výpočtové teploty:

- systémy vytápění s tepelnými čerpadly teplota přírodní vody $\leq 50\text{ °C}$
- systémy vytápění s kondenzačními kotle teplota zpětné vody 35 °C
- jiné systémy vytápění teplota přírodní vody 75 °C .

4.4 Pokyny pro navrhování systémů odevzdávání tepla v prostorách

Každý prvek systému odevzdávání tepla (članková otopná tělesa, desková otopná tělesa, konvektory, topný okruh integrovaného vytápění, např. podlahového vytápění, stěnového vytápění) je nutno vyhotovit

- regulovatelný,
 - oboustranně uzavíratelný,
 - s možností vypouštění a
 - odvodu (podle DIN 18380).
- (1) U integrovaného vytápění, zejména u podlahového vytápění, může být spojeno vypouštění a odvodu více topných okruhů (např. v rozdělovači topných okruhů).
 - (2) U různých systémů odevzdávání tepla (např. otopná tělesa, integrované vytápění a jiná otopná tělesa) je nutno použít samostatnou regulaci.
 - (3) Pokud jsou na systém odevzdávání tepla připojeny na sobě nezávislé jednotky využití tepla, je pro každou jednotku nutná

samostatná regulace.

- (4) Pokud se předpokládá rozúčtování nákladů na vytápění v závislosti na spotřebě, je nutno nainstalovat rozdělovače topných nákladů. Přitom je nutno se řídit zákonnými ustanoveními a příslušnými normami ÖNORM M 5920, M 5921, M 5922 a EN 835.
- (5) Při napojení na dálkové zásobování eplem je nutno respektovat i směrnice jednotlivých dodavatelů tepla.

4.5 Podklady na dimenzování systémů odevzdávání tepla v prostorách

Podle normy ÖNORM M 7500-1 (národní doplněk k ÖNORM EN 12831) je pro dimenzování tepelného výkonu systému na odevzdávání tepla použít tepelný příkon (potřebu tepelného výkonu) zjištěný pro jednotlivé prostory – bez přírážek a snížení.

Přírážky mohou být nutné při příležitostně se vyskytujících tepelných ztrátách vlivem větru (např. pro místnosti s orientací na SZ).

Při dohodnutém dlouhodobějším přerušení provozu je nutno zohlednit přírážku na přerušení provozu.

Při změně provozních podmínkách se výkon otopných těles odchyluje od normového topného výkonu, což je nutno ve výpočtu zohlednit.

Podmínka:

Skutečný výkon Φ , odevzdaný při provozních podmínkách místními topnými plochami a plochami podlahového vytápění musí být větší než nebo rovný projektovanému tepelnému příkonu prostoru Φ_n .

$$\Phi \geq \Phi_n$$

Podle normy DIN 4701 – část 3:1989 se pro odchylky mezi projektem a stavební realizací nebo vnitřní teplotou a vztahnou teplotou má zohlednit výpočtová přírážka 15 %. Podle normy ÖNORM se s touto přírážkou neuvažuje.

Z potřebného tepelného příkonu Φ_y je možno vypočítat počet článků otopného tělesa nebo délku deskového otopného tělesa v metrech.

$$N \geq \frac{\Phi_n}{\Phi_{IN} \cdot f_g}$$

Φ_{IN} ve W/článek W/metr = specifický normový topný výkon otopného tělesa měřený podle normy ÖNORM EN 442-2, f_g je celkový faktor sní-

žení výkonu oproti zkušební hodnotám.

Nejčastěji se však uvádí nikoliv výkon na článek nebo na metr, ale výkon celého otopného tělesa v závislosti na typu, stavební délce a stavební výšce.

Pro desková otopná tělesa je možno hodnotu Φ zjistit z tabulky na obr. 4-1.

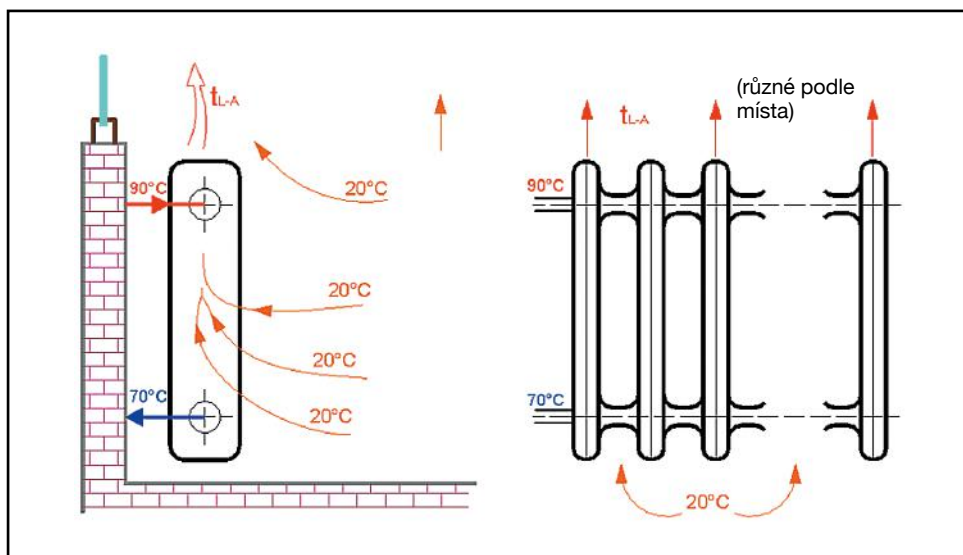
Stavební výška [mm]	300		400			500				600			
Stavební délka [mm]	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 21	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 21	Typ 22	Typ 33
400						333				392	538	693	956
500			338	623		417	577	747		490	673	866	1,195
600	589	809	406	747	1,027	500	692	896	1,234	588	807	1,039	1,433
700			473	872		583	807	1,046	1,439	686	942	1,212	1,672
800	786	1,079	541	996	1,369	666	922	1,195	1,645	784	1,076	1,386	1,911
900	884	1,214	608	1,121	1,540	750	1,038	1,345	1,850	882	1,211	1,559	2,150
1000	982	1,349	676	1,245	1,711	833	1,153	1,494	2,056	980	1,345	1,732	2,389
1100	1,080	1,484	744	1,370	1,882	916	1,268	1,634	2,262	1,078	1,480	1,905	2,628
1200	1,178	1,619	811	1,494	2,053	1,000	1,384	1,793	2,467	1,176	1,614	2,078	2,867
1400	1,375	1,889	946	1,743	2,395	1,166	1,614	2,092	2,878	1,372	1,883	2,425	3,345
1600	1,571	2,158	1,082	1,992	2,738	1,333	1,845	2,390	3,290	1,568	2,152	2,771	3,822
1800	1,768	2,428	1,217	2,241	3,080	1,499	2,075	2,689	3,701	1,764	2,421	3,118	4,300
2000	1,964	2,698	1,352	2,490	3,422	1,666	2,306	2,988	4,112	1,960	2,690	3,464	4,778
2200	2,160	2,968		2,739	3,764	1,833	2,537	3,287		2,156	2,959	3,810	

Obr. 4-1 Tabulka normového tepelného výkonu pro desková otopná tělesa při normovém stavu 75/65/20 °C (firma Stelrad) /22/

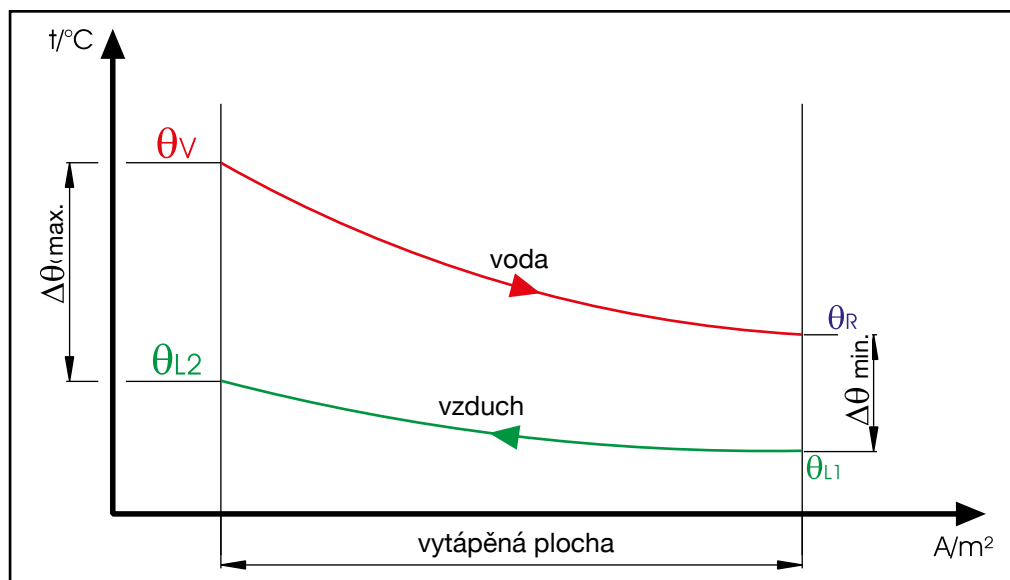
4.6 Otopná tělesa jako tepelné výměníky

Otopné těleso prostoru je možno považovat za tepelný výměník s protiproudovým uspořádáním.

Jako vztažnou teplotu uvažujeme konstantní teplotu okolního vzduchu θ_L , platí logaritmicky určený rozdíl teplot topné vody vůči vnitřní teplotě θ_i .



Obr. 4-2 Teploty na článkovém otopném tělese



Obr. 4-3 Průběh teploty na topném tělese

Odevzdaný tepelný výkon závisí na logaritmic-
ky určeném rozdílu teplot vstupní a výstupní
vody a vnitřní teploty:

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta T_{\ln} \quad \Delta T_{\ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

Při normových podmínkách 75/65/20 °C
je $\Delta T_{\ln} = 49,83$ K.

A	m ²	plocha otopného tělesa (ideálně plochy, faktor žeber pro konvekční plechy)
U	W.m ⁻² .K ⁻¹	koeficient prostup tepla, který podstatně závisí na prostupu tepla do vzduchu
ΔT_{\ln}	K	logaritmic- ky určený rozdíl teplot
θ_V	°C	teplota vstupní vody
θ_R	°C	teplota výstupní vody
θ_i	°C	teplota okolního vzduchu = vnitřní teplota
Φ	W	odevzdaný tepelný vý- kon otopného tělesa

Rozdíl teplot ΔT je rozdíl mezi střední teplotou
vody a vztáznou teplotou.

Protože hodnotu U není možno vypočítat,
na zkušebním stojanu topných těles se měří vý-
kon otopného tělesa podle normy ÖNORM EN
442-2.

Z něho je možno vypočítat specifický tepelný
výkon Φ_{IN} na článek nebo na metr délky otop-
ného tělesa.

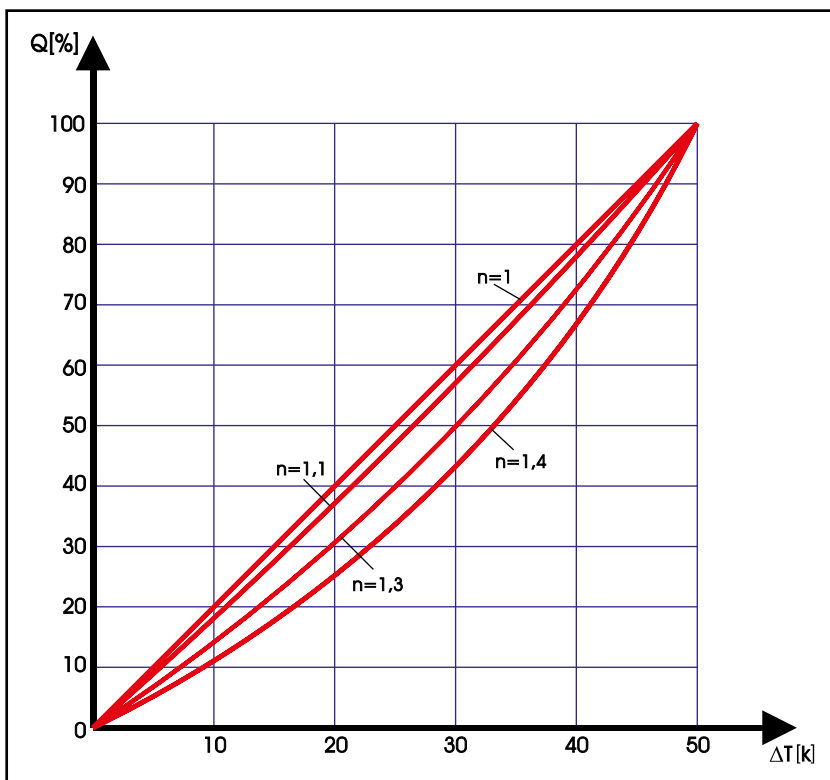
Charakteristika otopného tělesa popisuje
odevzdávání tepelného výkonu jako funkci
rozdílu teplot při konstantním průtoku vody.
Charakteristika je mocninovou funkcí s určitým
exponentem n .

$$\Phi = K_m \cdot \Delta T^n$$

výkonové charakteristiky otopných těles pros-
toru je pro zvolené typy otopných těles nutno
převzít z údajů výrobce.

Obvyklá hodnota pro:

konvektory	$n = 1,4$
čl. otopná tělesa	$n = 1,3$
desková otopná tělesa	$n = 1,2 \dots 1,3$
podlahové vytápění	$n = 1,1$



Obr. 4-4 Výkonová charakteristika otopných těles při $\theta_i = 20$ °C.

Potřebný průtok vody se vypočítá z odevzdaného tepelného výkonu Φ .

Hmotnostní průtok:

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot (\theta_V - \theta_R)}$$

kde:

θ_V	°C	teplota vstupní vody
θ_R	°C	teplota výstupní vody
Φ	W	odevzdaný tepelný výkon otopného tělesa
q_m	kg.s ⁻¹	Hmotnostní průtok vody
c	kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹	specifická tepelná kapacita vody (H ₂ O) při 20°C $c = 4,183$ kJ/kgK

4.7 Tepelný výkon prostorových otopných těles

4.7.1 Normový tepelný výkon

Normový tepelný výkon Φ_N = jmenovitý tepelný výkon je odevzdaný tepelný výkon za následujících podmínek (podle normy ÖNORM EN 442-2):

teplota vstupní vody
 $\theta_V = 75^\circ\text{C}$

teplota výstupní vody
 $\theta_R = 65^\circ\text{C}$

normová vztažná teplota okolního vzduchu
 $\theta_L = 20^\circ\text{C}$

normový aritmeticky určený rozdíl teplot
 $\Delta T_n = 50$ K

normový logaritmicky určený rozdíl teplot
 $\Delta T_{ln} = 49,83$ K

4.7.2 Snižovaný výkon otopných těles

Skutečný tepelný výkon otopného tělesa se sníží oproti normovému výkonu Φ_N v důsledku různých okolností.

Pokud průtok topné látky nemá žádný vliv na tepelný výkon, odevzdaný tepelný výkon Φ se vypočítá z normového topného výkonu vynásobeného výkonovými faktory.

$$\Phi = \Phi_N \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 = \Phi_N \cdot f_g$$

$$f_g = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

Tab. 4-1: Výkonové faktory:

	Vliv
f_1	teplota
f_2	způsob připojení
f_3	zákryt, výklenek
f_4	metalické nátěry
f_5	omezený provoz
f_g	celkový faktor

4.7.2.1 Výkonové faktory

Výkonové faktory udávají odchylky tepelného výkonu otopného tělesa při provozních podmínkách oproti normovým podmínkám (při zkoušce).

f_i teplotní faktor

$$f_1 = \frac{1}{NTF} = \left(\frac{\Delta T_{ii}}{49,83} \right)^n$$

Převrácená hodnota f_1 se označuje jako nízkoteplotní faktor NTF .

**Zjednodušený postup výpočtu podle normy
 ČNORM M 7513**

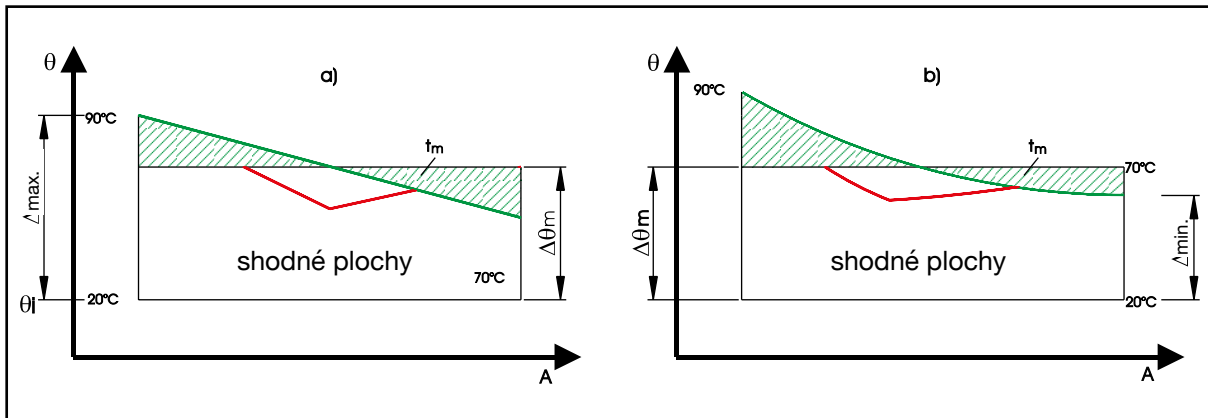
Tento výpočet se provádí pomocí aritmeticky určeného rozdílu teplot:

$$\Delta T_{\bar{u}} = \frac{\theta_V + \theta_R}{2} - \theta_i \quad \text{a}$$

$$f_1 = \frac{1}{NTF} = \left(\frac{\Delta T_{\bar{u}}}{50} \right)^n$$

Logaritmicky určený rozdíl teplot $\Delta T_{\bar{u}} = \Delta T_{ln}$
 Aritmeticky určený rozdíl teplot $\Delta T_{\bar{u}}$ předpokládá lineární průběh teploty podle obr. 4-5a:
 Toto zjednodušení platí, pokud je

$$c = \frac{\theta_R - \theta_i}{\theta_V - \theta_i} \geq 0,7$$

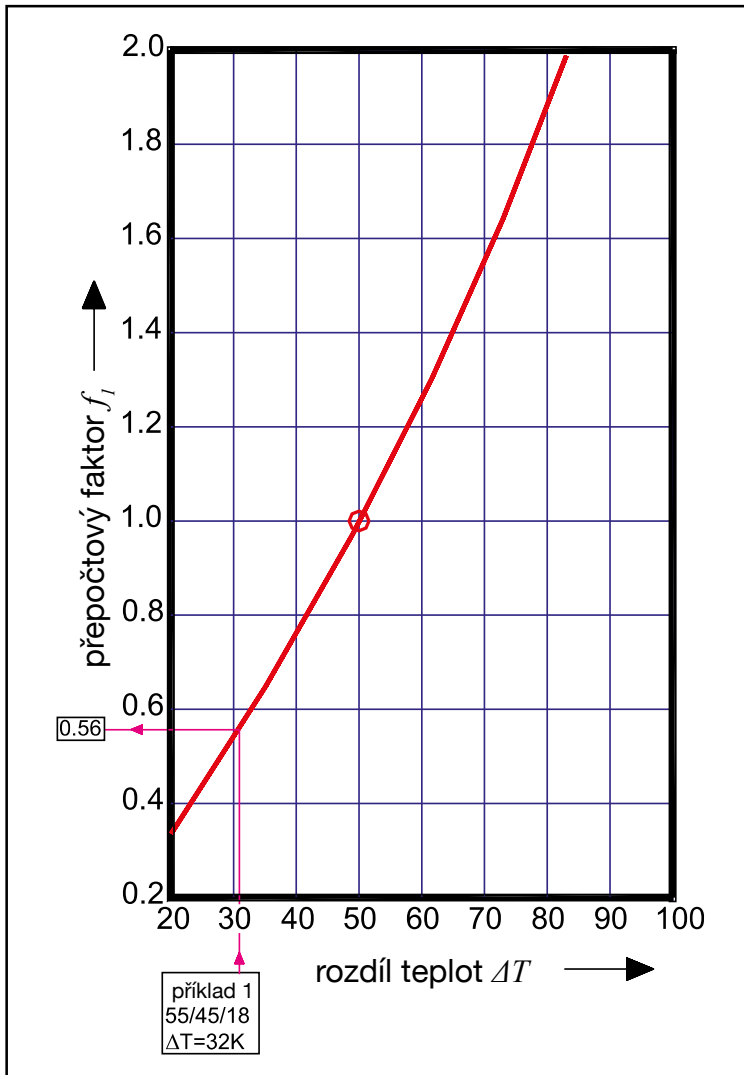


Obr. 4-5 a) Zjednodušený a b) skutečný průběh teploty v otopném tělese

Pro zvolené teploty je nízkoteplotní faktory NTF možno najít v tabulce 4-2.

Tab. 4-2 Teplotní faktor NTF pro $n = 1,3$ při normovém stavu 75/65/20 °C NTF = 1,0 /22/

teplota přívodu t_v [°C]	teplota odvodu t_R [°C]	teplota vzduchu t_L [°C]						
		10	12	15	18	20	22	24
90	80	0.59	0.61	0.64	0.68	0.71	0.74	0.77
	75	0.62	0.64	0.68	0.72	0.75	0.78	0.82
	70	0.65	0.67	0.72	0.76	0.80	0.83	0.87
	65	0.68	0.71	0.76	0.81	0.85	0.89	0.93
	60	0.72	0.76	0.81	0.87	0.91	0.96	1.01
	55	0.77	0.81	0.87	0.93	0.98	1.04	1.10
	50	0.83	0.87	0.93	1.01	1.07	1.14	1.21
85	75	0.64	0.67	0.71	0.75	0.79	0.82	0.86
	70	0.68	0.70	0.75	0.80	0.84	0.88	0.92
	65	0.72	0.75	0.80	0.85	0.89	0.94	0.99
	60	0.76	0.79	0.85	0.91	0.96	1.01	1.07
	55	0.81	0.85	0.91	0.98	1.04	1.10	1.16
	50	0.87	0.91	0.98	1.07	1.13	1.21	1.29
80	70	0.71	0.74	0.79	0.84	0.88	0.93	0.97
	65	0.75	0.78	0.84	0.90	0.94	0.99	1.05
	60	0.80	0.83	0.89	0.96	1.01	1.07	1.13
	55	0.85	0.89	0.96	1.04	1.10	1.16	1.24
	50	0.91	0.96	1.04	1.13	1.20	1.28	1.37
	75	0.79	0.82	0.88	0.95	1.00	1.05	1.12
75	65	0.79	0.82	0.88	0.95	1.00	1.05	1.12
	60	0.84	0.88	0.94	1.02	1.08	1.14	1.21
	55	0.89	0.94	1.01	1.10	1.17	1.24	1.32
	50	0.96	1.01	1.10	1.20	1.28	1.37	1.47
	70	0.88	0.93	1.00	1.08	1.15	1.22	1.30
70	60	0.88	0.93	1.00	1.08	1.15	1.22	1.30
	55	0.94	0.99	1.08	1.17	1.25	1.33	1.42
	50	1.01	1.07	1.17	1.28	1.37	1.47	1.58
	45	1.10	1.16	1.28	1.42	1.52	1.64	1.79
	40	1.20	1.28	1.42	1.59	1.73	1.89	2.08
65	55	1.00	1.05	1.15	1.26	1.34	1.43	1.54
	50	1.08	1.14	1.25	1.37	1.47	1.58	1.71
	45	1.17	1.24	1.37	1.52	1.64	1.78	1.94
	40	1.28	1.37	1.52	1.71	1.87	2.05	2.27
60	55	1.07	1.13	1.23	1.35	1.45	1.56	1.68
	50	1.15	1.22	1.34	1.48	1.60	1.73	1.87
	45	1.25	1.33	1.47	1.65	1.78	1.94	2.13
	40	1.37	1.47	1.64	1.86	2.03	2.24	2.50
55	50	1.23	1.31	1.45	1.62	1.75	1.90	2.07
	45	1.34	1.43	1.60	1.80	1.96	2.15	2.37
	40	1.47	1.58	1.78	2.03	2.24	2.48	2.78
	35	1.64	1.78	2.03	2.36	2.64	2.99	3.43
	30	1.87	2.05	2.39	2.86	3.29	3.86	4.67
50	45	1.45	1.56	1.75	1.98	2.17	2.40	2.67
	40	1.60	1.73	1.96	2.25	2.50	2.79	3.15
	35	1.78	1.94	2.24	2.63	2.96	3.37	3.92
	30	2.03	2.24	2.64	3.19	3.70	4.39	5.39
45	40	1.75	1.90	2.17	2.53	2.83	3.19	3.65
	35	1.96	2.15	2.50	2.96	3.37	3.89	4.58
	30	2.24	2.48	2.96	3.63	4.25	5.11	6.38
40	35	2.17	2.40	2.83	3.41	3.93	4.62	5.54
	30	2.50	2.79	3.37	4.21	5.01	6.14	7.87
	25	2.96	3.37	4.25	5.68	7.28	10.16	17.93



Obr. 4-6 Přepočtové faktory f_1 pro $n = 1,3$ a $\Delta T_n = 50 \text{ K}$ podle normy ÖNORM M 7513:1997

f_2 způsob připojení

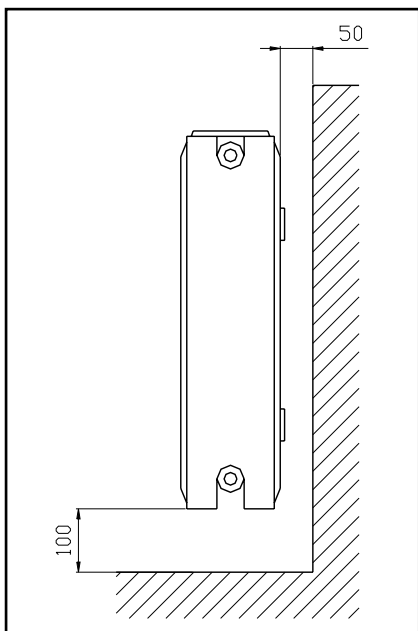
Následující hodnoty jsou směrné hodnoty, je nutno upřednostnit naměřené hodnoty a firemní údaje.

1,0	jednostranné připojení s horním přívodem
0,9	jednostranné připojení, jednotrubkový ventil s dolním přívodem a 100 % průtokem
0,85..(0,7)	jednostranné připojení, jednotrubkový ventil s interním zkratem a 50 % přítokem
1,0	oboustranné připojení (do cca 2 m)
0,9	jezdecké připojení, přívod a odvod dole
0,9	středové připojení pro jednotrubkové ventily
0,85...0,90	jednotrubkový speciální ventil s ponornou trubicí

f_3 zákryt, výklenek

Následující hodnoty jsou směrné hodnoty, je nutno upřednostnit naměřené hodnoty a firemní údaje.

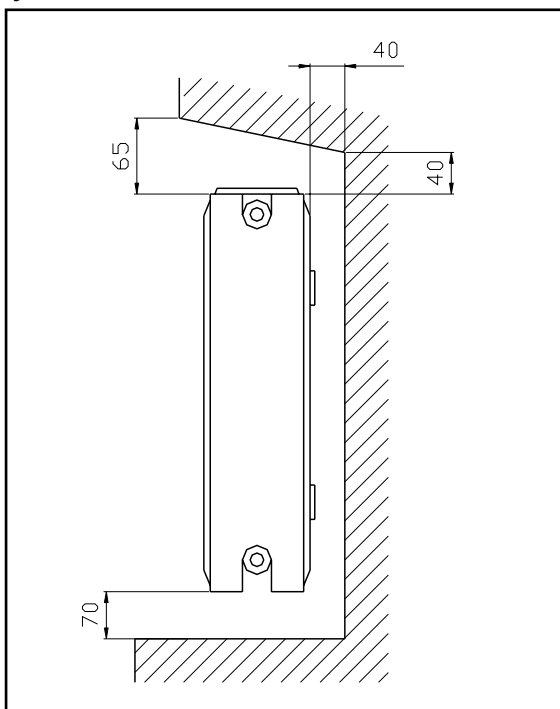
a) Při zkoušce otopného tělesa za normových podmínek je předepsané volné umístění před zadní stěnou (dole 100 mm, od zadní stěny 50 mm). Pro tento způsob umístění platí $f_3 = 1,0$. V případě odchylek od tohoto způsobu umístění je nutno brát do úvahy snížení výkonu.



Obr. 4-7 Montážní uspořádání otopných těles v prostoru podle normy ÖNORM M 7513 pro volně stojící otopné těleso $f_3 = 1,0$

b) Při montáži otopného tělesa do výklenku je nutno zohlednit normou udané minimální rozměry. Pokud se dodrží, sníží se tepelný výkon otopného tělesa prostoru maximálně o 4 %. Volné odstupy (nahore 65 mm, dole 70 mm, od zadní stěny 40 mm)

$$f_3 = 0,99 \dots 0,96$$

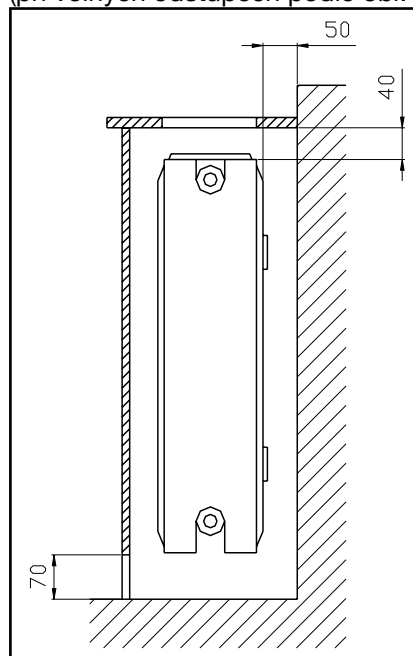


Obr. 4-8 Montážní uspořádání otopných těles v prostoru podle normy ÖNORM M 7513 minimální rozměry $f_3 = 0,99 \dots 0,96$

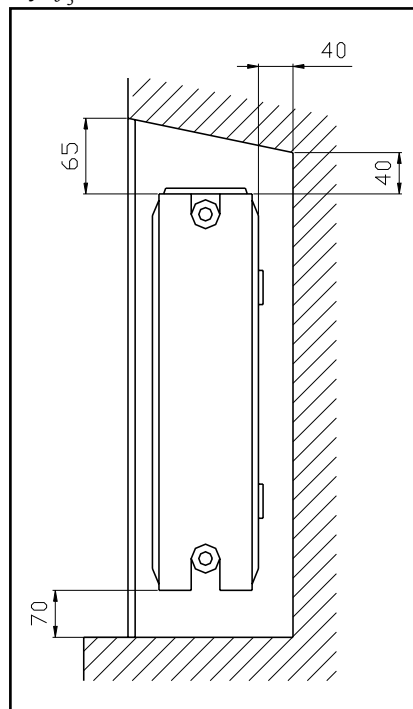
c) Pokud otopná tělesa mají na své přední straně krytí (např. ze dřeva nebo keramických desek), který zjevně brání proudění vzduchu z prostoru k otopnému tělesu a sálání otopného tělesa, je nutno očekávat snížení výkonu až do cca 15 %.

$$f = 0,9 \dots 0,85$$

(při volných odstupech podle obr. 4-9)



Obr. 4-9 Montážní uspořádání otopných těles v prostoru podle normy ÖNORM M 7513 přední krytí $f_3 = 0,9 \dots 0,85$



Obr. 4-10 Montážní uspořádání otopných těles v prostoru podle normy ÖNORM M 7513 zastavěná montáž

d) Výhodné uspořádání s **předsunutou závěsnou deskou** může vést v důsledku zvětšování komínového efektu i ke zvyšování výkonu. Uvedené snížení výkonu není možno v žádném případě dávat do souvislosti s dodatečnými ztrátami prostupem tepla přes venkovní stěnu.

e) Pokud se otopná tělesa v prostoru vybaví **krycími mřížkami**, je nutno stejně očekávat snížení výkonu, které podle zúžení výstupního průřezu proudění vzduchu z otopného tělesa může být až do 20 %.

$$f_3 = 0,9 \dots 0,8$$

f) U deskových otopných těles se výkon sníží horními a bočními **krycími plechy** o cca $f_3 = 0,95 \dots 0,90$, pokud zkouška výkonu byla provedena bez krycích plechů. Údaje o výkonu podle normy EN 442 se uvádí pro dodávaný stav.

g) Přední zabudování snižuje podíl sálání. Horní a dolní proudění vzduchu musí odpovídat minimálně svislým vzduchovým průřezům (0,5 x hloubka x stavební délka). Snížení vedou ke ztrátám prouděním (zastavení proudění tepla!) $f_3 = 0,9$, pokud horní, dolní a boční štěrby jsou stejné jako hloubka otopného tělesa.

h) Pokud nízko sahající husté záclony nebo závěsy brání vnikání teplého vzduchu do prostoru. $f_3 = 0,9$

f_4 kovové povrchy

Kvůli nízkému součiniteli sálání kovových povrchů se snižuje odevzdávání tepla sáláním.

$f_4 = 1,0$ základní nátěr podle normy ÖNORM DIN 55900-1, lak na otopná tělesa prášková technologie (nezávisle na barvě)

$f_4 = 0,85 \dots 0,9$ nátěry s kovovou suspenzí, bronz, hliník apod.

f_5 omezený provoz

V případě delšího přerušení provozu je nutno zvýšit tepelný výkon otopného tělesa, aby se prostor mohl rychle ohřát.

Pokud se požaduje předdimenzování, je možno použít faktor f_5 . Např. pro rychlé vytopení $f_5 = 0,8$

Příklad: Deskové otopné těleso

Pro ocelové deskové otopné těleso je normový tepelný výkon

$$\Phi_N = 1300 \text{ Watt.}$$

Chceme zjistit tepelný výkon $\Phi =$ při $\theta_1 = 55^\circ\text{C}$, $\theta_2 = 45^\circ\text{C}$, $\theta_i = 18^\circ\text{C}$

$$c = \frac{45 - 18}{55 - 18} = 0,729 > 0,7$$

a) V praxi můžeme pracovat s diagramem podle obr. 4-6 (str. 62):

$$\Delta T = \frac{55^\circ\text{C} + 45^\circ\text{C}}{2} - 18^\circ\text{C} = 32\text{K}$$

Z obr. 4-6 (str. 62) vyplývá $f = 0,56$
 $\Phi = 0,56 \cdot 1300 = 728 \text{ W}$ skutečně odevzdaný tepelný výkon.

b) Nebo s nízkoteplotním faktorem NTF z tab. 4-2 (str. 61):
 pro NTF = 1,8 bude $\Phi = 1300 : 1,8 = 722 \text{ W}$

Příklad: Článekové otopné těleso

Pro článekové otopné těleso je normový tepelný výkon na článek

$$\Phi_{IN} = 112 \text{ W při } \theta_V = 75^\circ, \theta_R = 65^\circ, \theta_i = 20^\circ \text{ C}$$

Hledáme skutečně odevzdané teplo při $\theta_V = 80^\circ \text{ C}$, $\theta_R = 60^\circ \text{ C}$, $\theta_i = 22^\circ \text{ C}$

a) Rozdíl teplot vypočítáme z $\Delta T_{\bar{u}} = \frac{80 + 60}{2} - 22 = 48 \text{ K}$, $f_1 = \frac{48^{1,3}}{50} = 0,948$

Z diagramu (obr. 4-6, str. 62) zjistíme pro $\Delta T = 48 \text{ K}$ teplotní faktor $f_1 = 0,93$,
NTF = 1,07 z tab. 4-2 (str. 61)

Snížený odevzdaný tepelný výkon je:
skutečný $\Phi = f_1 \cdot \Phi_{IN} = 0,93 \cdot 112 = 104 \text{ W}$.

b) Dodatečný výpočet teplotního faktoru f_1 pomocí ΔT_{ln}

Tepelný výkon závisí na mocninné funkci logaritmičticky určeného rozdílu teplot.

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{80 - 60}{\ln \frac{80 - 22}{60 - 22}} = 47,3 \text{ K}$$

$$f_{1,2} = \left(\frac{47,3}{49,83} \right)^{1,3} = 0,934 \quad \text{NTF} = \frac{1}{f_{1,2}} = 1,0707$$

Příklad: Vytápění pomocí tepelného čerpadla

Vytápění s příivodem / odvodem 50/40 °C a vnitřní teplotou 20 °C,
prostor 25 m³ se specifickým tepelným příikonem 32 W/m³,

normový výkon při 75/65/20°C $\Phi_{IN} = 77 \text{ W/článek}$ pro článekové otopné těleso. Tepelný příikon prostoru je $\Phi_n = 25 \cdot 32 = 800 \text{ W}$

Teplotní faktor pro sníženou provozní teplotu se vypočítá následovně:

$$c = \frac{\theta_R - \theta_i}{\theta_V - \theta_i} = \frac{40 - 20}{50 - 20} = 0,67 < 0,7$$

proto výpočet pomocí logaritmičticky určeného rozdílu teplot

$$\Delta T_{\bar{u}} = \frac{\theta_V + \theta_R}{2} - \theta_i = \frac{50 + 40}{2} - 20 = 25 \text{ K} \quad f_1 = \left(\frac{\Delta T_{\bar{u}}}{50} \right)^n = \left(\frac{25}{50} \right)^{1,3} = 0,406$$

$$\text{NTF} = \frac{1}{f_1} = 2,46$$

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50 - 20}{40 - 20}} = 24,66 \text{ K}$$

$$f_1 = \left(\frac{\Delta T_{\bar{u}}}{49,83} \right)^n = \left(\frac{24,66}{49,83} \right)^{1,3} = 0,40$$

Snížený topný výkon

$$\Phi = \Phi_{IN} \cdot f_l = 0,40 = 30,8 \text{ W na 1 článek}$$

$$N \geq \frac{\Phi_n}{\Phi_{IN} \cdot f_g} = \frac{800}{77 \cdot 0,4} = 26$$

Zvolený počet článků = 26

$$\text{Průtok topného média} = \frac{\Phi}{c(\theta_V - \theta_R)} = \frac{800}{1,16(50 - 40)} = 69 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1} \text{ v provozním stavu}$$

Příklad: Topné plochy – dimenzování

Pro prostor je potřebný výpočtový výkon 920 W. Otopné těleso je zabudované do výklenku.

Výpočtová teplota je 80/60/20°C.

Výklenek způsobí podle obr. 4-8 (str. 63) 4-% snížení výkonu. $f_3 = 0,96$

Podle tab. 4-2 (str. 61) je faktor NTF = 1,01.

Podle tab. 4-2 (str. 61) je faktor NTF = 1,01.

Z tabulky normových tepelných výkonů při 75/65/20 °C (obr. 4-1) se musí vybrat otopné těleso

$$\text{s normovým výkonem } \Phi_N = \frac{P_n \cdot NTF}{f_g} = \frac{920 \cdot 1,01}{0,96} = 968 \text{ W.}$$

Vybíráme otopné těleso firmy Stelrad Kompakt Typ 21-800-600 s normovým výkonem 1076 W (z obr. 4-1, str. 60)

4.8 Podlahové vytápění a stropní chlazení

V posledních letech se poptávka a akceptace systémů sálavého vytápění výrazně zvýšila. Díky mnohým výhodám, které tyto systémy nabízí, je více než třetina všech novostaveb rodinných domů vybavena podlahovým vytápěním. Použití moderních materiálů, jako je kompozitní trubka HERZ, zaručuje dlouhou životnost systému. Stavební náklady jsou na stejné úrovni jak náklady na instalaci otopného tělesa. Náklady na instalaci stropního chlazení jsou nižší než běžné systémy a zaručují tichý chod.

Pokud je v objektu nainstalováno sálavé vytápění i vytápění otopnými tělesy, je důležité si uvědomit, že regulace sálavého vytápění se musí vždy provádět nezávisle na regulaci vytápění otopnými tělesy. Systémy sálavého vytápění pracují s jinými teplotami média než systémy vytápění otopnými tělesy. Totéž platí pro sálavé chlazení se studenou vodou jako chladicím médiem.

Výhody sálavého vytápění

Při vytápění podlahou nebo stěnou se využívá celá plocha podlahy nebo povrch stěny jako konvekční povrch, tzn. na výměnu tepla. Naproti tomu konvenční otopné těleso je pouze bodový zdroj tepla.

- Sálavé teplo má příznivý vliv na rovnoměrné rozložení teplot v místnosti. Díky sálavému teplu z podlahového vytápění dochází k mnohem menší výměně tepla mezi lidmi a okolními plochami prostoru ve srovnání s vytápěním otopnými tělesy. Z tohoto důvodu je možno snížit vnitřní teplotu vzduchu v místnosti o 2-3 °C bez dopadu na pocit pohodlí. To přináší značné snížení nákladů na vytápění až o 12 %.
- Všechny prostory v místnosti jsou volně přístupné, volně konfigurovatelné a vhodné pro děti. Pokud jde o vybavení pokojů, je zde méně omezení, protože se nemusí zohledňovat otopná tělesa.

- Žádné víření prachu: Protože dochází jen k malému pohybu vzduchu, víření prachu se udržuje na nízké úrovni. Zabrání se víření prachu, ke kterému dochází u otopných těles vlivem vzduchového válce – teplý vzduch stoupající z otopného tělesa a ochlazený vzduch padající na opačnou stranu. To znamená výrazně nižší znečištění prachem ve vzduchu v místnosti, což zlepšuje kvalitu života, zejména u alergiků. Při menším tepelném rozdílu 6 K mezi pokojovou teplotou a teplotou podlahového vytápění je konvektivní část velmi malá, prakticky existuje pouze část záření. Pokud je Δt větší než 6 K, konvektivní část se zvýší a prach se přenesení nahoru do místnosti.
- Systémy sálavého vytápění vyžadují o hodně nižší teplotu přívodní topné vody než systémy vytápění s otopnými tělesy, což znamená, že dosáhnou výhody komfortu a úspory energie skutečného nízkoteplotního vytápění. Díky nižším teplotám než u konvenčních systémů vytápění je sálavé systémy vytápění možno jednoduše provozovat s alternativními zdroji tepla, například s tepelnými čerpadly, solárními kolektory atd.

Sálavé chlazení se používá v rodinných domech jako stropní chlazení, ve víceposchodových obytných budovách nebo v komerčních či průmyslových objektech jako aktivace betonového jádra. Při stavbě monolitických stropů nebo masivních stěn se do nich před zalitím ukládají chladicí okruhy nebo rohože z kapilárních trubiček. Trubičkami těchto okruhů protéká chladicí médium, celý ochlazený strop nebo stěna se tepelně aktivuje jako akumuláční hmota. Teplota chladicí vody nesmí být nižší než 18 °C (riziko poklesu pod rosný bod). Jako zdroj chladu je možno použít studné nebo zemní kolektory. Podle podzemních vod a půdních podmínek se může používat jako sezónní skladování. Vhodným zdrojem chladu je volné chlazení, je však energeticky nevýhodné.

Maximální chladicí výkon při aktivaci betonového jádra je 50 W/m² (teplota místnosti 26 °C), proto je tento systém potřeba vhodně zkombinovat se stínícími prvky na fasádě objektu, abychom zabránili po dobu letních měsíců prostupu slunečních paprsků přes okna a následnému pasivnímu ohřevu vnitřního vzduchu. V každém případě se doporučuje oddělení systému. Aby se vyloučily problémy s kondenzátem, musí se použít vhodná kontrola pomocí snímačů vlhkosti.

Systémy podlahového vytápění se používají ve dvou různých systémech.

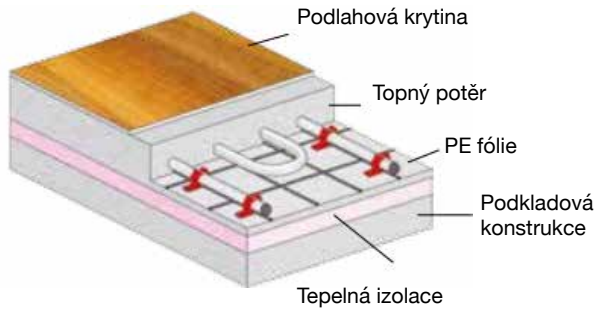
- Systém mokré instalace, kdy se vytápěcí trubky zalívají teplonosným betonem, resp.
- Systém suché instalace, kdy se vytápěcí trubky vkládají do tepelné izolace. Výhodou je nízká hmotnost a malá konstrukční výška.

Systém mokré instalace

Při tomto způsobu pokládání jsou topné trubičky zabudované přímo do potěru. Přenos tepla je při tomto systému velmi dobrý. Je však potřeba do potěru přidat přísady, např. podle ÖNORM B 3732, které snižují podíl vzduchových bublin. K dispozici jsou různé systémy, jako příchytka na trubku pro kari síť, upínací kolejnice, systémové desky a nopové desky. V systému mokrého ukládání jsou trubky zabudované přímo do potěru. Při vyhřívacím potěru se musí zajistit dodržení požadované minimální tloušťky. V případě cementových potěrů by horní hrana potrubí měla být překrytá minimálně 45 mm.

U anhydritových potěrů by horní hrana potrubí měla být překrytá minimálně 35 mm.

Při kladení finální podlahy, zejména koberců, je nutno dbát na to, aby podlahová krytina a lepidlo byly vhodné pro podlahové vytápění.

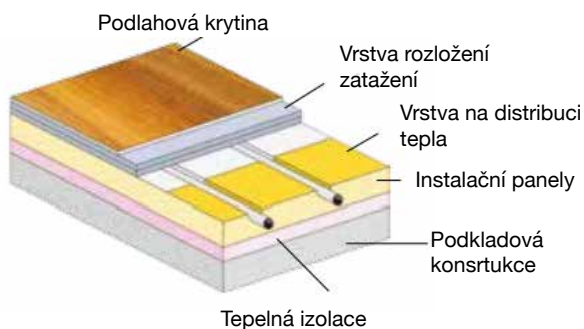


Konstrukce podlahy v systému mokré instalace (zdola nahoru):

- Ze strany stavby stropní konstrukce, např. betonový strop, násyp z písku nebo podobného materiálu. V případě použití násypu se musí použít ochranná fólie.
- Podle potřeby tepelná izolace stropní konstrukce.
- Zvuková izolace
- PE fólie
- Přichytky na trubku pro kari síť, upínací kolejnice, systémové desky nebo nopové desky
- Vytápěcí trubky od DN16x2 mm do DN20x2 mm
- Beton
- Finální podlaha

Systém suché instalace

Tepelná vodivost tohoto systému je o něco nižší než při mokrému systému kladení trubek. Trubky jsou zabudované v tepelně izolačních deskách s výřezem pro různé montážní vzdálenosti. Hliníková nebo jiná kovová vrstva distribuuje teplo rovnoměrně po povrchu. Jako vrchní vrstva je položena vrstva na rozdělávání zátěže ze suchých sádrovláknitých panelů, což znamená, že je možno snížit výšku, což je potřebné zejména při renovacích a následné montáži vytápění. Navrch je položena podlahová krytina.



Konstrukce podlahy v systému suchého ukládání (zdola nahoru):

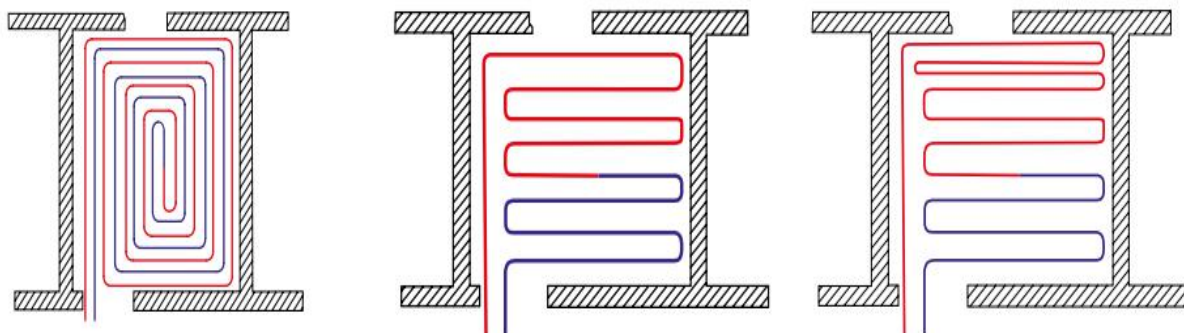
- Ze strany stavby stropní konstrukce, např. betonový strop, násyp z písku nebo podobného materiálu. V případě použití násypu se musí použít ochranná fólie.
- Podle potřeby tepelná izolace stropní konstrukce.
- Pokládací desky s laminovanou hliníkovou vrstvou z polystyrénu 50 mm
- Vytápěcí trubky DN14x2 mm nebo DN16x2 mm
- Roznášecí vrstva, např. suché sádrovláknité panely
- Finální podlaha

Druhy instalace podlahového vytápění

Mohou se použít různé typy instalací a jsou ovlivněny následujícími faktory:

- Tvar místnosti
- Počet topných okruhů
- Potěrové nebo stavební dilatační spáry
- Okrajové zóny se zvýšenou povrchovou teplotou
- Konstrukce podlahového a povrchového systému vytápění jako kompletního, částečného nebo kombinovaného systému vytápění
- Rovnoměrnost povrchové teploty
- Dodržování minimálního poloměru ohybu potrubí

Cílem pokládky trubek je dosáhnout co nejrovnoměrnější rozložení teploty po celé podlaze. Toho se dosahuje kladením bifilárních (spirálových) tvarů. Při tomto způsobu kladení trubek se pravidelně střídá přívodní trubka s teplejší vodou s vratnou trubkou s chladnější vodou. Teplota povrchu podlahy se měří na jedné straně přímo nad vrcholem trubky, na druhé straně mezi trubkami. Rozdíl teploty se nazývá zvlnění. Je důležité, aby bylo co nejnižší. Na jedné straně to znamená maximálně 30 centimetrů a na druhé straně nastavení co nejnižší teploty přívodu. V případě velmi velkých povrchů položených v meandrovitém tvaru může být směr proudění vody v některých intervalech obrácený, aby se dosáhla jednotná teplota povrchu. Potom se hovoří o „zpětném nebo kolmém zahřívání“. Druhým možným způsobem ukládání je meandrování pokládky trubek, kde je potrubí vedené meandry od venkovní stěny k vnitřní stěně. Při pokládání okrajových zón se vedle sebe ukládají pouze přívodní trubky. U různých topných okruhů určuje teplotu vody na přívodu ten okruh, který má nejvyšší specifické topné zatížení. Zbývající topné okruhy se liší v závislosti na vzdálenosti mezi topnými trubkami. Vzdálenost kladení je 50 až 300 mm a závisí na konstrukci a systému kladení.



Spirálový způsob kladení trubek

Meandrový způsob kladení trubek bez / s okrajovou zónou

Dimenzování a návrh povrchového vytápění

Stejně jako v případě jiných systémů vytápění, optimální design je klíčem ke správnému fungování podlahového systému vytápění, který by se měl plánovat a realizovat podle současných pravidel a norem.

To je jediný způsob, jak zabezpečit, aby se dosáhlo příjemného vnitřního prostředí a nízkých provozních nákladů.

Návrh podlahového vytápění se provádí v souladu s ÖNORM EN 1264.

Základem pro výpočet je výpočet tepelné ztráty místnosti podle normy ÖNORM EN 12831. Tepelná ztráta je výkon potřebný na vytápění místnosti. Závisí na umístění místnosti, použitých stavebních materiálech, tepelné izolaci domu, počtu oken a dalších podmínkách. Pokud je známá tepelná ztráta, podlahové vytápění může být navrženo relativně jednoduchým způsobem.

Povrchová teplota podlahy

Při projektování je třeba dbát na to, aby nebyly překročeny fyziologicky přípustné povrchové teploty podlahy (specifikované v EN 1264).

Z dlouhodobého hlediska je pro většinu lidí nepříjemná teplota povrchu na vyhřívané podlaze nad 27 °C. Protože se však maximální teplota podlahy vyžaduje pouze několik dní v roce, 29 °C se v obytných a podobných místnostech stále považuje za přípustnou povrchovou teplotu. V okrajových zónách, které nejsou určené na trvalý pobyt, nebo v koupelnách je přípustná povrchová teplota podlahy do 35 °C. Tyto hodnoty jsou specifikované v EN 1264 určením limitních hodnot pro povrchovou teplotu podlahy: (pro obytné zóny 9 K pro periferní zóny 15 K při pokojové teplotě 20 °C).

Pokud není možné dosáhnout požadovaný výkon podlahového vytápění ani při použití okrajových zón, je potřebná instalace dalšího systému vytápění.

Vhodná tepelná izolace uložená pod topnými trubkami musí zajistit, aby teplený tok směrem dolů byl nižší než 25 % celkového tepelného výkonu a zároveň nižší než 20 W/m².

Postup při návrhu

Výchozím bodem pro návrh topného výkonu je výpočet tepelné ztráty (P_N) podle EN 12831.

1. Skutečná tepelná ztráta

Při podlahovém vytápění je možno odečíst tepelné ztráty podlahou od celkových tepelných ztrát v místnosti (potřeba tepla).

$$P_{NB} = P_N - P_{FB} \text{ [W]}$$

P_{NB}	Skutečná tepelná ztráta místnosti [W]
P_N	Normová tepelná ztráta místnosti [W]
P_{FB}	Tepelná ztráta podlahou [W]

2. Stanovení specifické potřeby tepla

Specifická potřeba tepla se vypočítá ze skutečné potřeby tepla a dostupné topné plochy (základní plocha místnosti – v případě potřeby mínus různé skladovací prostory).

$$q_{specif} = \frac{P_{NB}}{A_R} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

q_{specif}	Specifická potřeba tepla [W/m ²]
P_{NB}	Skutečná tepelná ztráta místnosti [W]
A_R	Využitelná plocha místnosti [m ²]

3. Stanovení referenční místnosti

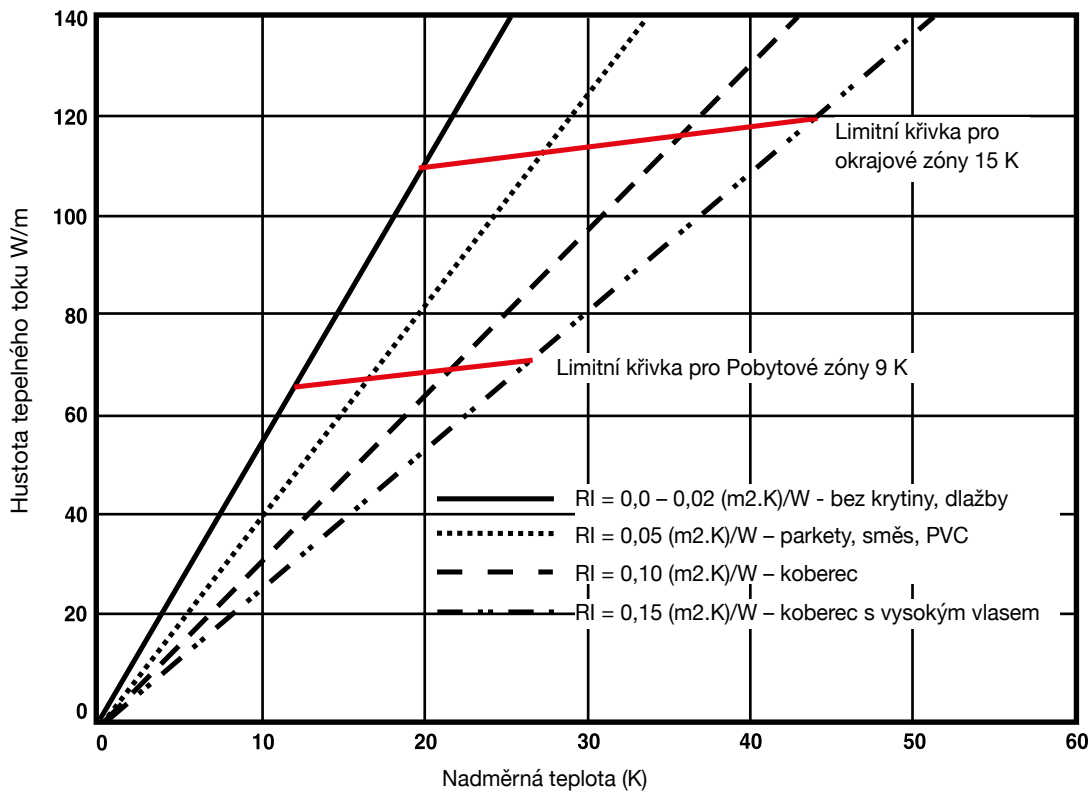
Pro návrh referenční místnosti (a pouze pro referenční místnost) se zvolí teplotní spád teplotní rozdíl mezi přívodní a vratnou teplotou vytápěcí vody). – specifikováno v EN 1264 s $\sigma < 5$ K. Koupelna se jako referenční místnost nepoužívá.

4. Střední teplota teplotnosných médií

Střední teplota teplotnosných médií je logaritmicke stanovene střední rozdíl mezi teplotou vytápěcího média a standardní vnitřní teplotou. Na výpočet referenční místnosti se používá návrhová střední teplota

teplotnosných médií, která převládá při zvolené tepelné vodivosti podlahové krytiny a při projektované hustotě tepelného toku. Střední teplota teplotnosných médií se dá zjistit přímo z diagramu. Střední teplotu teplotnosných médií pro chlazení místnosti je rovněž možno vyčíst z diagramu.

Střední nadměrná teplota vytápění pro standardní krytiny



Vstupní teplota chladicího média pro chlazenou místnost



Tabulka směrných hodnot tepelné vodivosti a tepelného odporu podlahových krytin. Orientační hodnoty platí pro podlahové krytiny nalepené na podlahové vytápění.

Podlaha	Tloušťka (mm)	Tepelná vodivost (W/mK)	Tepelný odpor (mK/W)
Mozaikové parkety (dub)	8	0.21	0.038
Vícevrstvé parkety	11-14	0.09-0.12	0.055-0.076
Velkoplošné parkety (dub)	16	0.21	0.09
Laminát	9	0.17	0.044
Keramika	13	1.05	0.012
Mramor	12	2.1	0.0057
Desky z přírodního kamene	12	1.2	0.01
Betonový blok	12	2.1	0.0057
Koberec		-	0.07-0.17
Vpichovaná plst'	6.5	0.54	0.12
Podlahovina z plastů	3	0.23	0.011
PVC bez nosiče	2	0.20	0.010

5. Výpočet teploty přívodní vytápěcí vody

Orientační hodnoty platí pro podlahové krytiny nalepené na podlahové vytápění.

$$t_{VL} = t_i + t_{mH} + \frac{\sigma}{2} [^{\circ}C]$$

t_{VL} Teplota přívodní topné vody [$^{\circ}C$]

t_i Vnitřní teplota topného vzduchu v místnosti [$^{\circ}C$]

t_{mH} Střední teplota teponosných médií [K]

σ Teplotní spád (rozdíl teploty přívodní a vratné vytápěcí vody)

Vstupní teplota platí nejen pro referenční místnost, ale i pro všechny ostatní okruhy. Aby se zabezpečil správný výkon pro každý podlahový topný okruh, mění se průtok a teplotní spád (rozdíl teploty přívodní topné vody a teploty vratné topné vody).

6. Stanovení teplotního spádu pro ostatní topné okruhy

Pomocí specifického topného zatažení a rozestupu trubek se zajistí překročení teploty topného média vůči návrhu v referenční místnosti. Ze střední teploty teponosných médií a přívodní teploty topné vody se dá vypočítat teplotní spád.

$$\frac{\sigma}{2} = t_{VL} - (t_i + t_{mH})$$

$$\sigma = 2 \cdot (t_{VL} - (t_i + t_{mH}))$$

t_{VL} Teplota přívodní topné vody [$^{\circ}C$]

t_i Vnitřní teplota topného vzduchu v místnosti [$^{\circ}C$]

t_{mH} Střední teplota teponosných médií [K]

σ Teplotní spád (rozdíl teploty přívodní a vratné topné vody)

7. Okrajové zóny

Pokud je požadavek na teplo v místnosti tak velký, že ho není možno pokrýt systémem s malým rozestupem trubek při udržení maximální teploty podlahy $29^{\circ}C$, musí se nejprve provést výpočet s okrajovými zónami.

Zkoumá se, zda je možno pokrýt požadavek na teplo přes okrajovou zónu s teplotou podlahy až $35^{\circ}C$. Pokud požadované hustoty toku tepla není možno dosáhnout při menším rozestupu trubek (např. 10 cm), musí být teplota výstupní topné vody vyšší, než se původně plánovalo. To je potom rozhodující rovněž pro všechny ostatní místnosti. Musí se dodržet systémové limity.

8. Dodatečné vytápění

Pokud není možné pokrýt požadavek na teplo v místnosti výkonem podlahového vytápění včetně případných dalších topných okrajových zón, musí být k dispozici další systémy vytápění.

Z tohoto důvodu přichází do úvahy především sálavé stěnové systémy vytápění z důvodu stejné vstupní teploty topné vody. Další alternativou je stropní vytápění nebo otopná tělesa v různých vyhotoveních, stejně jako další elektrické ohřivače nebo sálavé ohřivače.

9. Výpočet hmotnostního průtoku

Hmotnostní průtok se může vypočítat na základě známého topného výkonu a vypočítaného teplotního spádu.

$$m = \frac{P_{NB} + P_{FB}}{\sigma \times c} \cdot 3600 \text{ [kg/h]}$$

m	Hmotnostní průtok [kg/h]
P_{NB}	Skutečná tepelná ztráta místnosti [kW]
P_{FB}	Tepelná ztráta podlahou [kW]
σ	Teplotní spád (rozdíl mezi teplotou přívodní a vratné vytápěcí vody) [K]
c	Specifická tepelná kapacita média – voda = 4,19 [kJ/kgK]
3600	multiplikační faktor k přepočtu z kg/s na kg/h

10. Výpočet délky trubek

Celková délka potrubí topného okruhu by neměla dohromady překročit 100 m (topný okruh + přípojovací potrubí od a k rozdělovači).

$$L = \frac{A_R}{a} + 2 \cdot L_{zu} \text{ [m]}$$

L	Délka topného okruhu [m]
A_R	Plocha místnosti [m ²]
a	Rozestup trubek [m]
L_{zu}	Délka přípojovacího potrubí od a k rozdělovači [m]

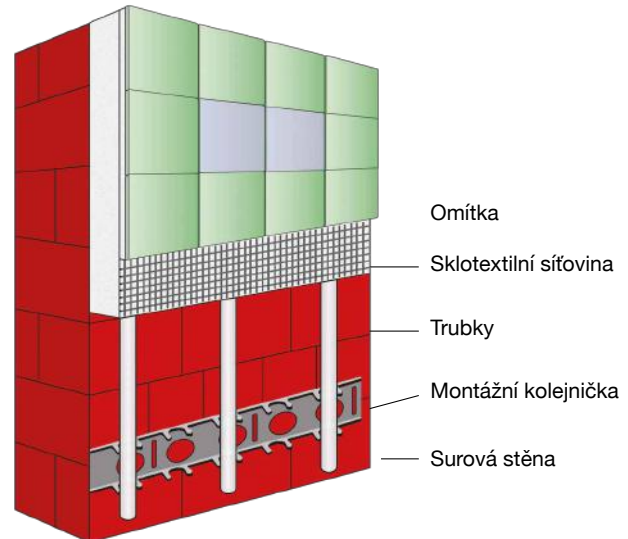
Nesmí se zapomenout připočítat dodatečnou délku trubek od topného okruhu po rozdělovač L_{zu} k délce topného okruhu v místnosti. Pokud délka topného okruhu přesáhne celkovou délku 100 m, je nutné ho rozdělit na dva okruhy, např. na okruh pro okrajovou zónu a pro obytnou zónu.

11. Výpočet tlakové ztráty

Pomocí kapitol 1.2.6 až 1.2.10 je možno určit tlakovou ztrátu podlahového vytápění. Maximální rychlost proudění by neměla překročit 0,8 m/s.

4.8.1 Stěnové vytápění

Trubky jsou připevněné k neomítnuté stěně pomocí upínacích kolejnic. Po nanesení hrubé omítky na stěnu se stěna zahřeje a omítka se potrhá. Poté se nanáší finální omítka se sklotextilní síťovinou.



4.8.2 Příslušenství pro plošné systémy

Přísada do betonu

Přísada do betonu homogenizuje beton, tím zajišťuje lepší tepelnou vodivost a zvýšený tlak a pevnost v ohybu a v tahu. Spotřeba cca 0,25 l/m² (při tloušťce potěru 8 cm). Přísada do betonu je tekutá, dodávaná v nádobách. Podle dohody se beton dodává s přísadou nebo se přísada poskytuje.

Okrajová dilatace

Okrajové dilatační pásy jsou vyrobené z polyethylenu s fólií a odtrhovací štěrbinou pro zvukovou izolaci nárazu podle DIN 18560. Okrajový dilatační pás je na zadní straně a na fóliové přírubě, buď samolepicí, nebo bez lepidla. Okrajové dilatační pásy podél prostor obklopujících povrchy umožňují, aby se topný potěr rozšiřoval do všech stran. Je to potřeba, protože vyhřívání potěrů jsou kvůli tepelnému namáhání vystavené větší expanzi než vyhřívání prostory. Okrajový dilatační pás zajišťuje, že potěr se může rozšiřovat, protože podél stěny je vytvořený dilatační spoj. Dilatační pásy hran by měly mít minimální tloušťku 10 mm. Pro stěny místnosti, sloupy a jiné pevné konstrukce musí být zabezpečeno oddělení topného potěru ve formě okrajové dilatační lišty.

Tyto okrajové dilatační pásy by měly být z materiálu, který je možno stlačit nejméně 5 mm.



Dilatační spáry

Při dělení místnosti nebo v dilatačních spárách v betonu jsou topné trubky vedené v ochranné trubce a tím jsou chráněné. Povolené jsou rovněž vyplněné pěnové dilatační spáry s plastovými trubkami.

Topné trubky

Topné trubky a přípojovací potrubí jsou instalované v potěru nebo pod potěrem pod podlahou. Stávají se součástí budovy, a proto musí poskytovat nejvyšší úroveň bezpečnosti. Podle stavebního zákona se mohou používat pouze standardizované komponenty, pokud existují normy. Kromě toho by komponenty měly být zabezpečené a certifikované. V případě certifikovaných komponentů zabezpečuje pravidelné externí monitorování to, že jsou používány pouze bezchybné, koordinované materiály, takže je zaručena zamýšlená funkčnost a životnost.

Vhodné a osvědčené potrubní materiály a systémy je možno najít v mezinárodních normách EN ISO 15874 (PP), EN ISO 15875 (PE-X), EN ISO 15876 (PB), EN ISO 15877 (PVC), EN ISO 22391 (PE-RT) a EN ISO 21003 (vícevrstvé kompozitní trubky). Popisuje rovněž minimální požadavky týkající se odolnosti vůči teplu a tlaku při podlahovém vytápění teplou vodou a rovněž označování.

Plastové trubky nepodléhají korozi

Aby se zabránilo vniknutí kyslíku do systému vytápění přes plastové trubky, dává se přednost použití trubek s kyslíkovou bariérou. Prostupnost kyslíku $\leq 0,1 \text{ g} / \text{m}^2 \text{d}$ se podle normy DIN 4726 považuje za nepropustnost pro kyslík. V tomto případě nejsou potřeba dodatečná opatření, jako např. použití protikorozních prostředků nebo oddělení systému výměníkem. Při použití přísad do topné vody se musí dodržovat informace od výrobce trubek a informace od výrobce přísad.

V podstatě jsou použitelné všechny běžné spojovací technologie, jako jsou procesy radiálního lisování nebo kompresní tvarovky. Zavírací procesy se používají pro trubky vyrobené z polypropylenu a polybutylenu.

Rozebratelné spoje v nepřístupné oblasti (např. v potěru) nejsou povolené.

4.8.3 Regulace podlahového vytápění nebo stropního chlazení

V kapitole 7 této publikace je podrobně popsaná regulace. Podlahové vytápění a chlazení jsou velmi pomalé systémy, kde ke změně teploty v místnosti dochází velmi pomalu v důsledku velké akumulární hmoty.

Na regulaci jednotlivých okruhů se obvykle používá dvoubodový systém regulace. Pokud se teplota topného okruhu v noci sníží, měla by se zohlednit citlivost z důvodu setrvačnosti systému. To stejné platí pro regulaci topné vody podle venkovní teploty vzduchu, která nemusí mít žádný účinek, protože už je regulovaná další požadovaná hodnota.

Povrchovou teplotu je možno regulovat i v citlivých zónách. Při chlazení povrchu se musí povrchová teplota vždy kontrolovat ve vztahu k vlhkosti vzduchu. Nejlepší výsledky se dosahují pomocí snímačů vlhkosti. Na předvýběr hodnot se používají diagramy Molliere h-x. Dnes jsou k dispozici i aplikace na předvolbu hodnot.

4.8.4 Montáž

Na montáž podlahového vytápění a chlazení existuje velké množství hotových rozdělovačů a rozdělovacích stanic, jako je např. „Compactfloor“. Tyto hotové stanice zjednodušují montážní a spojovací práce a jsou k dispozici s oddělením systému nebo bez něj. Sortiment výrobků HERZ zahrnuje i všechny části systému potřebné na vytápění a chlazení povrchů.

4.8.5 Tlaková zkouška a uvedení do provozu

Tlaková zkouška pro stěnové vytápění podle EN 1264-4.

Trubky jsou pod tlakem a odvdzdušněné. Tlak vody se musí zkontrolovat bezprostředně před a po ukončení potěru.

Zkušební tlak musí odpovídat 1,3-násobku provozního tlaku systému a po dobu zkoušky nesmí klesnout o více než 0,2 baru. Systém musí zůstat vodotěsný. Po dobu práce na potěru musí být tlak snížený na maximální povolený provozní tlak.

Doporučuje se tlaková zkouška s 6 bary po dobu 24 hodin. Musí se vést záznamy o tlakové zkoušce.

Tlaková zkouška pro stěnové vytápění

Trubky jsou pod tlakem a odvdzdušněné. Zkušební tlak musí odpovídat 1,3 násobku provozního tlaku systému, minimálně 5 barů.

Těsnost a zkušební tlak se musí zaznamenat do protokolu. Provozní tlak se poté nastaví a udržuje i po dobu omítacích prací.

Vytápění potěrů pomocí teplovodního topení (připraveno na zakrytí)

Klíčovým faktorem je to, že potěr je připravený na zakrytí (zbytková vlhkost) před nanesením vrchní vrstvy. To platí zejména při pokládání dřevěných podlah.

Zbytková vlhkost nesmí překročit 1,8 % v případě cementových potěrů a 0,3 % v případě anhydritových potěrů. Povrch musí být pevný a suchý. Po vyhotovení potěru a uplynutí příslušného času vyzrání (přibližně 3 až 4 týdny), stejně jako po zkoušce vytápění, je připravenost na pokrytí pomocí měření CM předpokladem pro aplikaci podlahové krytiny. V závislosti na výrobcí se doba vyzrání potěru liší. Fóliový test: Na potěr položíme PE fólii o rozměrech 50 x 50 cm a po okrajích přilepíme lepicí páskou. Při max. přívodní teplotě vody v průběhu 12 hodin se nesmí pod fólií vytvořit zkondenzovaná voda, místnost musí být větraná. To odpovídá zbytkové vlhkosti přibližně 0,1 %.

Fóliový test nenahrazuje měření CM! Dodavatel podlahy rozhodne, zda je potřeba další vysušování potěru.

Když je podlaha připravená na vyhřívání, přívodní teplota vody se postupně zvyšuje o 5 K denně a po dosažení 2/3 topného výkonu se potěr neustále vyhřívá přibližně 2 týdny. Potom se zahřívání výrazně sníží na 3 dny, takže vlhkost, která se ohřála, se může opět pohybovat nahoru. Poté se potěr opět zahřívá na 2/3 topný výkon po dobu jednoho týdne. Před položením vrchní krytiny se musí příslušně snížit teplota.

Funkční zkouška při stěnovém vytápění

V případě stěnových systémů vytápění s cementovou omítkou nebo plnivem se topení může spustit nejdříve po 21 dnech. U sádky nebo hliněné omítky se musí s ohřevem začít nejdříve po 7 dnech.

Dodržujte pokyny výrobce!

Funkční zkouška vytápění začíná při teplotě přívodu 25 °C a musí se udržovat 3 dny. Poté se teplota zvýší na maximální teplotu přívodu a ponechá se další 4 dny. Při stěnovém vytápění s keramickým obkladem se funkční zkouška vytápění může zahájit ihned po montáži.

Příklad: Protokol vytápění pro topné potěry připravené na zakrytí

Protokol vytápění pro topné potěry připravené na zakrytí

Zákazník:	Montážní společnost:
Místo stavby:	Vedoucí stavby:

- Cementový potěr, výrobek: _____
- Anhydridový potěr, výrobek: _____
- Jiné, výrobek: _____

Systém vytápění:	Střední tloušťka potěru: _____ mm
Datum instalace potěru:	Překrytí topných trubek:
	Min: _____ mm Max: _____ mm

Roztopení (topení připravené na zakrytí):

Datum	Venkovní teplota vzduchu °C	Přívodní teplota média °C	Podpis

Testování: sušení:

Datum	Metoda	Sucho ano / ne	Podpis

Snížení přívodní teploty média:

Datum	Venkovní teplota vzduchu °C	Přívodní teplota média °C	Podpis

Zahřívání připravené na krytí dokončeno:

.....
Místo a datum:

.....
Podpis vedoucího stavby:

Příklad: Protokol vytápění pro stěnové vytápění

Protokol vytápění pro stěnové vytápění

Zákazník:	Montážní společnost:
Místo stavby:	Vedoucí stavby:
<input type="checkbox"/> Cementový potěr, výrobek: _____	
<input type="checkbox"/> Anhydridový potěr, výrobek: _____	
Jiné, výrobek: _____	

Systém vytápění:	Střední tloušťka omítky: _____ mm
Datum instalace omítky:	Překrytí topných trubek:
	Min: mm Max: mm

Roztopení:

Datum	Venkovní teplota vzduchu °C	Přívodní teplota média °C	Podpis:

Funkční zkouška topení:

Datum	Venkovní teplota vzduchu °C	Přívodní teplota média °C	Podpis:

.....
Místo a datum:

.....
Podpis vedoucího stavby:

Příklad: : **Protokol o tlakové zkoušce pro sálavé vytápění**

Protokol o tlakové zkoušce pro sálavé vytápění

Zákazník:
Místo stavby:

Montážní společnost:
Vedoucí stavby:

Způsob vytápění / chlazení (podlaha/stěna/strop): _____

Materiál trubek / připojení trubek (výrobek / typ): _____

Způsob připojení trubek (lisováním / šroubování / sváření): _____

Systém, obchodní partner: _____

Tlaková zkouška:

Zkušební tlak _____ bar Začátek zkoušky v _____ o _____ hod

Zkušební tlak _____ bar Konec zkoušky v _____ o _____ hod

Pokles tlaku po dobu zkoušky _____ bar

Výsledek vizuální kontroly: _____

.....
Místo / Datum:

.....
Podpis vedoucího stavby:

.....
Podpis zákazníka:

Příklad : Tabulka rychlého výběru pro rozestupy trubek podlahového vytápění
Rychlý výběr

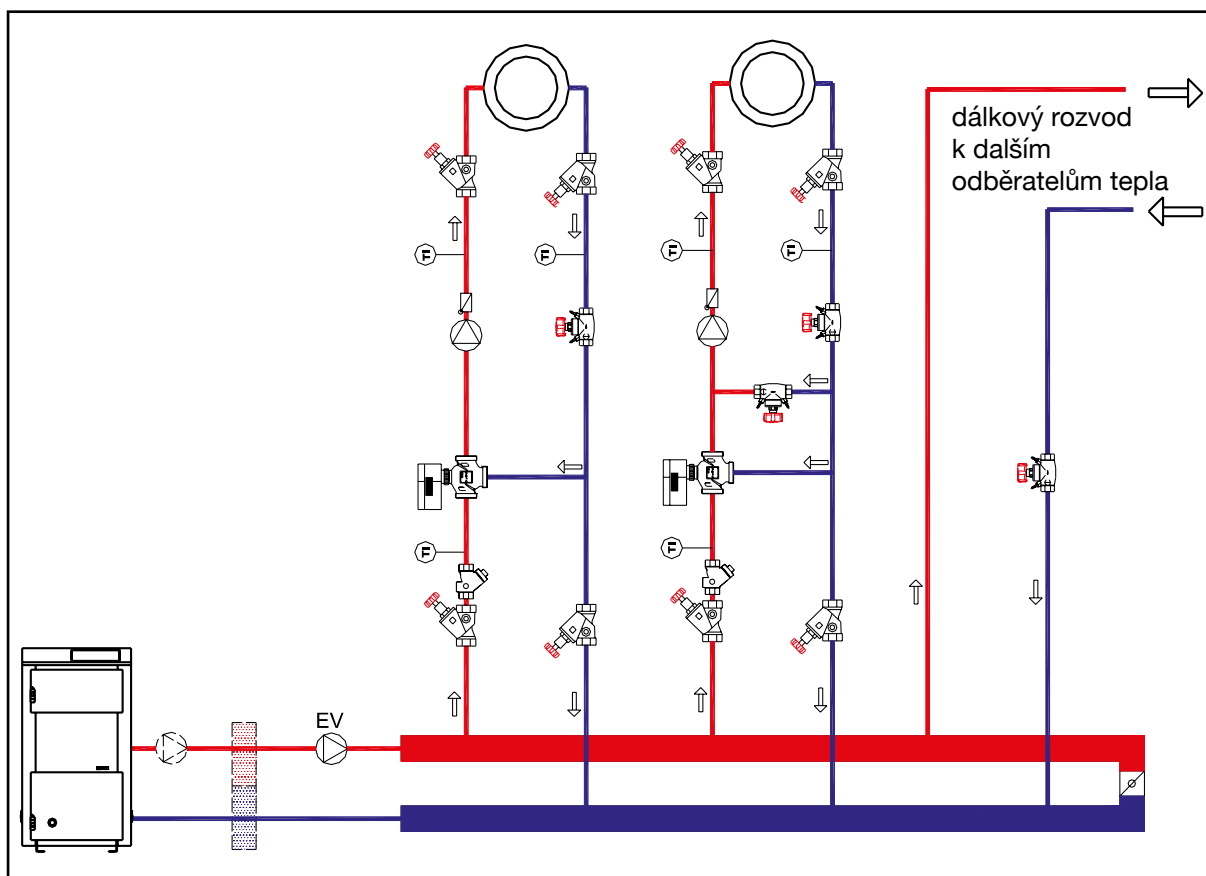
Rychlý výběr / přehled pro trubku HERZ 16 x 2,0 mm		Topný výkon podlahového topení W/m ²																				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130		
Povrchová teplota podlahového topení při vnitřní teplotě vzduchu 20°C	Povrchová teplota podlahového topení při vnitřní teplotě vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	70									
			Amax in m ²	36,7	30,3	22,1	14,3	8,9														
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Parkety	VA in mm	200	150	100	100	100	100	70												
			Amax in m ²	30,2	22,4	15,5	9,75															
Přívodní teplota vody 45°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Koberec	VA in mm	200	150	100	70															
			Amax in m ²	28,3	18,9	12,4	9,8															
Přívodní teplota vody 50°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Hrubý koberec	VA in mm	200	150	100																
			Amax in m ²	25	20	13,5																
Přívodní teplota vody 55°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	200	150	100	100	70														
			Amax in m ²	28,3	20,8	14,3	8,5															
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Dlažba	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	38,1	30	20,6	14,4	8,7														
Přívodní teplota vody 45°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Parkety	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	36,5	26,4	17,6	12,6	8,8														
Přívodní teplota vody 50°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Hrubý koberec	VA in mm	250	200	150	100															
			Amax in m ²	36	28,3	18,5	11,7															
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70									
			Amax in m ²	31,2	20,5	14,5	9,5															
Přívodní teplota vody 45°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Dlažba	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	39,3	32,2	22	11,3															
Přívodní teplota vody 50°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Parkety	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	40	33,4	23,9	15,4	8,4														
Přívodní teplota vody 55°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Koberec	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	70									
			Amax in m ²	40	33,4	23,9	15,4	8,4														
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	200	150	100	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	34,5	24,5	16,2	9,7															
Přívodní teplota vody 45°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Dlažba	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	38,1	29,5	21,6	11,3															
Přívodní teplota vody 50°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Parkety	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	40	34,5	24,8	15,4	8,4														
Přívodní teplota vody 55°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Koberec	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	70									
			Amax in m ²	40	33,4	23,9	15,4	8,4														
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	200	150	100	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	28,3	20,8	14,3	8,5															
Přívodní teplota vody 45°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Dlažba	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	38,1	30	20,6	14,4	8,7														
Přívodní teplota vody 50°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Parkety	VA in mm	250	200	150	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	36,5	26,4	17,6	12,6	8,8														
Přívodní teplota vody 55°C	Vnitřní teplota vzduchu 20°C	Hrubý koberec	VA in mm	250	200	150	100															
			Amax in m ²	36	28,3	18,5	11,7															
Přívodní teplota vody 40°C	Vnitřní teplota vzduchu 24°C	Dlažba	VA in mm	200	150	100	100	100	100	100	100	100	100	70								
			Amax in m ²	31,2	20,5	14,5	9,5															

5 SYSTÉM ROZVODU TEPLA

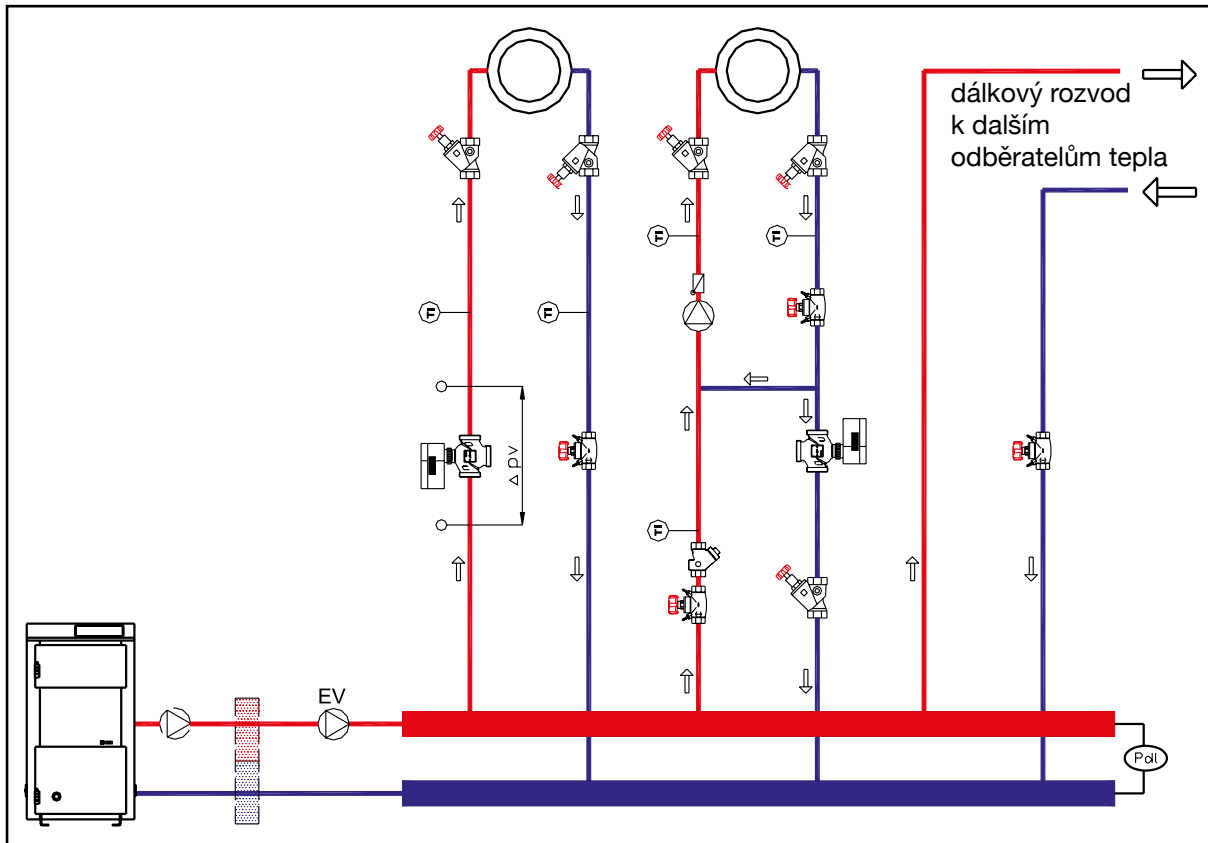
5.1 Dimenzování systému rozvodu tepla

Při dimenzování systému rozvodu tepla je nutno brát do úvahy:

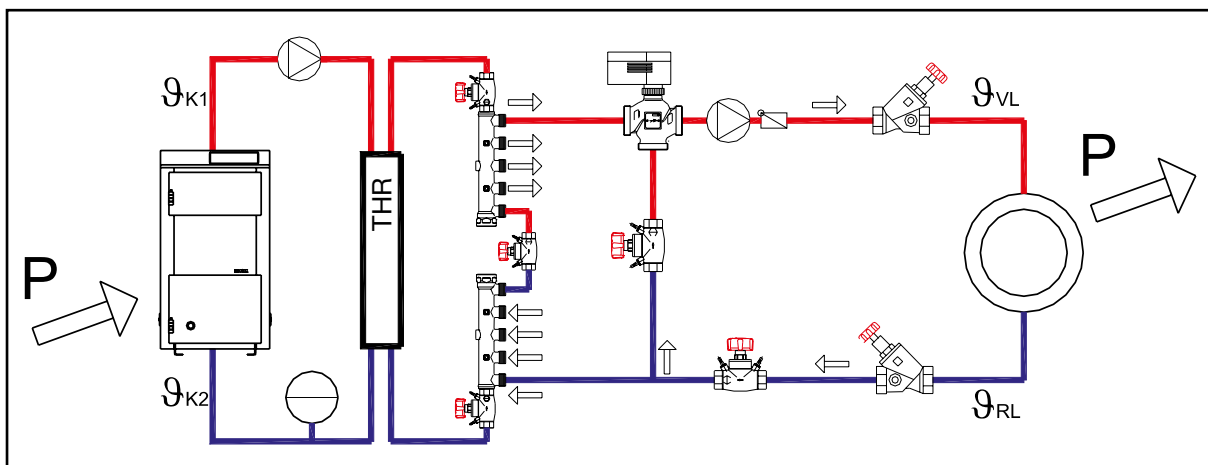
- (1) využití odpovídající účelu,
- (2) druh systému odevzdávání tepla,
- (3) případné dělení na skupiny v různých soustavách odevzdávání tepla v rámci jednoho systému. Pro každou skupinu je nutno použít samostatnou regulaci.
- (4) případné dělení na skupiny podle zvláštních provozních podmínek, např. sever-jih, podle provozní doby, podle požadavků uživatelů,
- (5) současnost využití,
- (6) teplotu nebo teplotní rozdíl nosiče tepla,
- (7) druh nosiče tepla (voda, směs vody a nemrznoucího prostředku),
- (8) hydraulické zapojení (např. termohydraulický rozdělovač, tlakový nebo beztlakový rozdělovač).



Obr. 5-1 Beztlakový rozdělovač s čerpadlem EV



Obr. 5-2 Tlakový rozdělovač s čerpadlem EV (hlavní čerpadlo a proměnlivý průtok)



Obr. 5-3 Funkce termohydraulického rozdělovače (THR)

Dále je nutno brát do úvahy následující ustanovení:

(9) Pro dimenzování okamžitých objemových průtoků platí:

- od systému výroby tepla až po jednotku využití tepla: podle výpočtových podkladů pro systém výroby tepla
- v rámci jednotky využití: podle výpoč-

tových podkladů pro systém odevzdávání tepla

(10) Oběhová čerpadla by měla být navržena s ohledem na jejich počet, charakteristiky, otáčky a regulovatelnost tak, aby bylo možné systém rozvodu tepla přizpůsobit proměnlivým požadavkům systému odevzdávání tepla.

- (11) Regulační zařízení a hydraulické zapojení je nutno pečlivě sladit s celým systémem.
- (12) Při napojení na centralizované zásobování teplem je nutno dodržovat směrnice příslušných dodavatelů tepla.

5.2 Pokyny pro navrhování systému rozvodu tepla

- (1) Každou skupinu je nutno realizovat jako regulovatelnou, s možností uzavření, vypuštění a odvzdušnění. Uzavírací zařízení musí v souladu s tlakem, teplotou a místními provozními podmínkami těsně uzavírat (požadavky na těsnost podle normy ÖNORM EN 12266, velikost netěsnosti 1).
- (2) Všechna uzavírací, vypouštěcí, odvzdušňovací a zavzdušňovací, měřicí a regulační zařízení, rozebíratelné spoje a kompenzátory musí být přístupné pro obsluhu, odečet údajů a údržbu.
- (3) Trasu potrubí, rozměr potrubí a tvarovky (oblouky, T- kusy) je nutno navrhnout tak, aby byly dodrženy směrnice o dimenzování teplovodního topení.
- (4) Kvůli snížení hluku je nutno dodržovat normy ÖNORM B 8115 a H 5190.
- (5) Dodržení průtoků nosiče tepla (hmotnostní průtok, objemový průtok) podle výpočtových údajů je nutno zabezpečit odpovídajícími opatřeními (např. regulovatelné šroubování ve zpětném potrubí, větvové vyvažovací ventily s měřicími nástavci, regulátory tlakového rozdílu a regulátory průtoků).
- (6) Systémy rozvodu tepla v nevytápěných prostorách je nutno izolovat proti tepelným ztrátám podle normy ÖNORM H 5155.

- (7) Pokud se systém rozvodu tepla (potrubí) vede přes prostory, které mají být podle určení vytápěné, je nutno postupovat takto:

Celkové odevzdávání tepla tepelně izolovaných a neizolovaných částí systému v prostoru nesmí překročit 20 % projektovaného tepelného příkonu prostoru podle normy ÖNORM M 7500-1 (národní překlad ÖNORM EN 12831).

Je nutno brát do úvahy kryty, opláštění, obklady apod. podle údajů výrobce. Neizolované části systému uložené pod omítkou nebo v mezistropu je nutno ošetřit jako volně ležící.

Celkové odevzdávání tepla z tepelně izolovaných částí systémů podle normy ÖNORM H 5155 zůstává ve výpočtu nezohledněné.

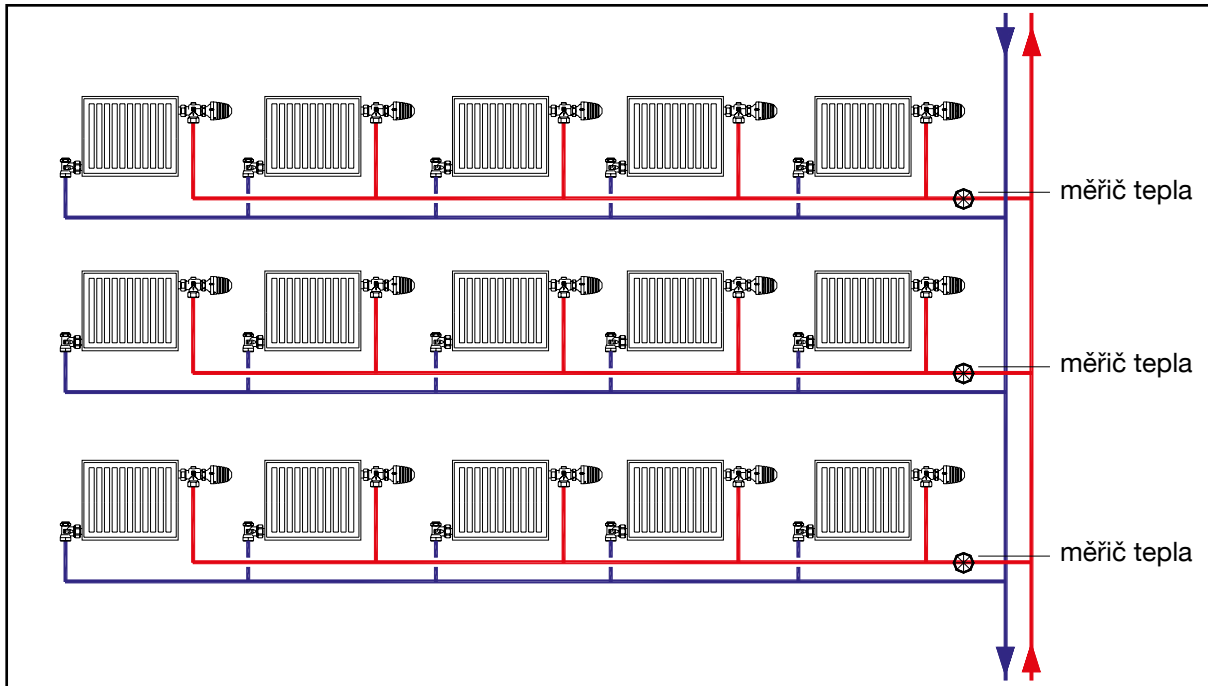
- (8) Systém rozvodu tepla je nutno vybavit regulací přívodní teploty.
- (9) Oběhová čerpadla a zařízení na udržení tlaku je nutno zabudovat do vytápěcích systémů tak, aby se zabránilo nasávání vzduchu po dobu provozu.

Doporučuje se instalace rezervních čerpadel.

- (10) Systém rozvodu tepla je nutno vyhotovit tak, aby vyskytující se tepelně podmíněná změna délky nebyla nebezpečná pro systém a stavbu nebo nebyla nepřipustně hlučná. Je nutno upřednostnit zachycení roztažnosti vhodným vedením potrubí (např. dilatační ramena) před zabudováním kompenzátorů (axiálních, laterálních nebo kloubových). Pokud i přesto je potřeba kompenzátory nainstalovat, je nutno dodržet směrnice výrobce.
- (11) Systém rozvodu tepla je nutno dimenzovat tak, aby bylo zajištěno, že energie na vytápění se do prostoru přivádí zejména přes systém odevzdávání tepla (např. otopná tělesa).

5.3 Rozvod tepla v budově

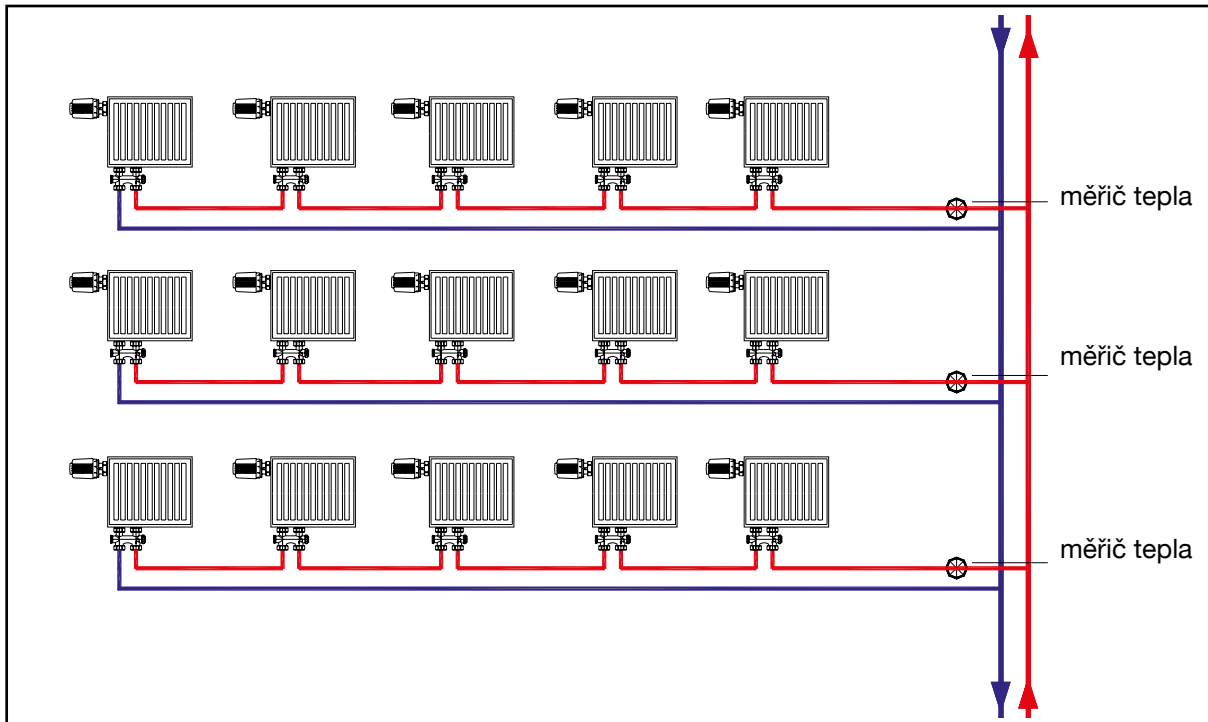
Klasické uspořádání potrubních větví při spodním rozvodu se realizuje decentralizovaně.



Obr. 5-4 Dvojtrubková vytápěcí soustava s centrálním svislým potrubím a vodorovným rozvodovým potrubím

Pro lepší možnost rozúčtování nákladů na vytápění se dává přednost centrálním svislým potrubím.

Na ty se každý byt připojuje přes případný rozdělovač vodorovným potrubním rozvodem vybaveným měřičem tepla.



Obr. 5-5 Jednotrubková vytápěcí soustava s centrálním svislým potrubím a rozvodem po bytech

6 SYSTÉM VÝROBY TEPLA

6.1 Dimenzování systému výroby tepla

Tepelný výkon topných kotlů, výměníků tepla a přípojek centrálního zásobování teplem je nutno navrhnout pro maximální požadované teplo s přihlédnutím na současnost potřebných dílčích tepelných výkonů.

Výkon výroby tepla (výkon zdroje tepla) Φ_{EB} sestává z:

$$\Phi_{EB} = \Phi_{EBH} + \Phi_W + \Phi_{EBL} + \Phi_{EBS}$$

Φ_{EBH}	W	výkon výroby tepla na vytápění prostorů
Φ_W	W	přenášený tepelný výkon na přípravu teplé vody
Φ_{EBL}	W	výkon výroby tepla na větrání
Φ_{EBS}	W	výkon výroby tepla pro jiné spotřebiče

6.2 Dimenzování podílu tepla na vytápění

6.2.1 Projektovaný tepelný příkon budovy Φ_n

Základem pro dimenzování tepelného výkonu části vytápění místností systému dodávky tepla je tepelné zatížení budovy, které se určuje podle obálkové metody ÖNORM EN 12831

Stejně tak je možno použít součet tepelných příkonů vypočítaných pro každý prostor podle normy ÖNORM M 7500-1 (Národní překlad ÖNORM EN12831). Tento součet nemusí souhlasit s tepelným příkonem budovy vypočítaným podle normy ÖNORM EN 12831.

6.2.2 Výkon výroby tepla

Při výpočtu výkonu výroby tepla je nutno přihlížet k:

- přerušení provozu,
- tepelné vlastnosti budovy,
- dohodnuté teplotní odchylky,

např. při poklesu venkovních teplot pod výpočtovou hodnotu, dílčí využití jednotlivých částí budovy; akceptování snížení vnitřní teploty.

6.2.2.1 Zohlednění snížení teploty

K přírážce dochází při dlouhotrvajícím snížení teploty vzduchu v prostoru až na +5 °C (pouze na zabezpečení ochrany před mrazem). Vychladnutí prostor přerušením vytápění, akumulaci tepla a dobu vytopení málo využívaných prostor je nutno kompenzovat zvýšeným výkonem.

Časový průběh vychladnutí prostor závisí na více ovlivňujících veličinách. Jako venkovní teplotu je možno přibližně uvažovat střední teplotu po dobu celé topného sezóny, to je asi +4 °C, nebo nejnižší střední měsíční teplotu v topné sezóně, to je asi -2 °C.

6.2.2.2 Dimenzování výkonu výroby tepla na vytápění prostor

Výkon výroby tepla (výkon zdroje tepla) Φ_{EBH} se počítá následovně:

$$\Phi_{EBH} = f_H \cdot \Phi_n$$

kde:

Φ_{EBH}	W	výkon výroby tepla na vytápění prostor
f_H		přirážka na zatopení
Φ_n	W	projektovaný tepelný příkon

6.3 Dimenzování podílu tepla na přípravu teplé vody

Výkon výroby tepla pro zásobníkové nebo průtokové ohřivače vody musí odpovídat alespoň aktuálnímu nejmenšímu tepelnému výkonu Φ_{min} .

$$\Phi_W \geq \Phi_{min}$$

kde:

Φ_W	W	výstupní tepelný výkon pro ohřev pitné vody pro domácnost (výstup z výměníku tepla)
Φ_{min}	W	minimální tepelný výkon, minimální požadovaný přenosový výkon systému dodávky tepla s daným požadavkem na číslo N na pokrytí potřebné doby Q_{2T} na ohřev pitné vody. (podle ÖNORM H5150-1)

6.4 Dimenzování podílu tepla pro větrací a klimatizační zařízení

Při výpočtu je nutno vycházet z příkonu Φ_L v nejvíce nepříznivém bodě návrhu, přičemž je nutno vzít do úvahy výkonový faktor f_L , závislý na počtu připojených tepelných spotřebičů.

$$\Phi_{EBL} = f_L \cdot \Phi_L$$

kde:

Φ_{EBL}	W	podíl výkonu výroby tepla pro větrání
Φ_L	W	výpočtová topná zátěž pro větrání

$f_L = 1,0$ pro 1 až 3 spotřebiče

$f_L = 0,95$ pro 4 až 10 spotřebičů

$f_L = 0,9$ pro víc než 10 spotřebičů.

6.5 Dimenzování podílu tepla pro jiné připojené systémy

Při dimenzování jiných systémů odevzdávání tepla (teplo pro procesy) je nutno přihlížet zejména k současnosti s celým ostatním tepelným systémem, např. při ohřevu bazénové vody (se zakrytím nebo bez něj), a ve výpočtu uvažovat jen s tepelnými ztrátami.

$$\Phi_{EBS} = f_S \cdot \Phi_S$$

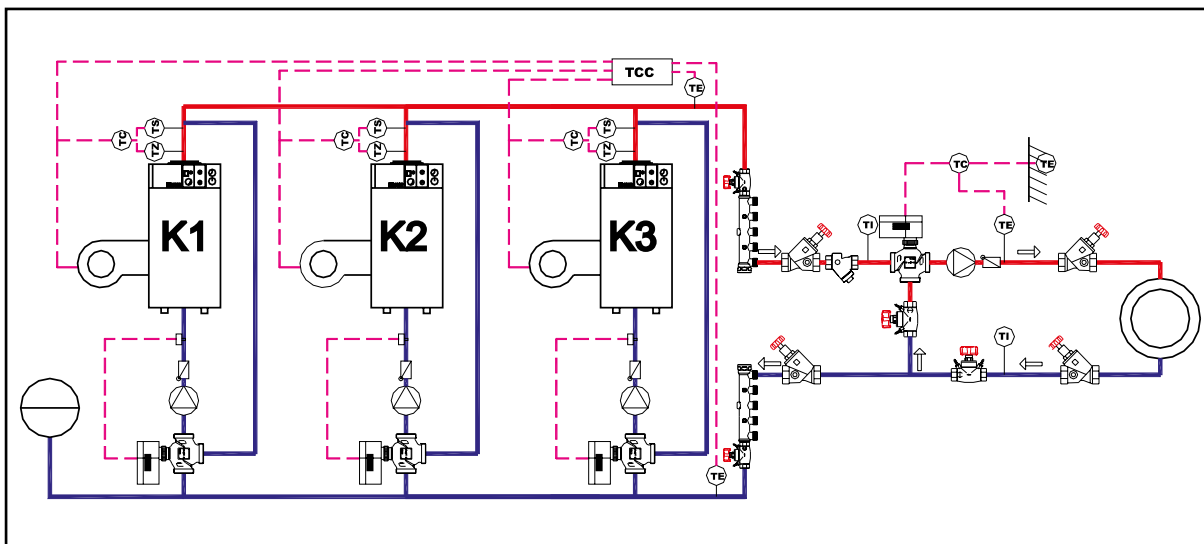
kde:

Φ_{EBS}	W	podíl výkonu výroby tepla pro jiné systémy
f_S	f	faktor podílu výkonu jiných systémů
Φ_S	W	projektovaný tepelný příkon jiných systémů, např. teplo pro procesy.

6.6 Zařízení s více kotly

Na dosažení optimálního přizpůsobení aktuálně požadovaného tepelného výkonu při vysokém stupni využití a minimalizaci emisí škodlivin a z důvodu provozní spolehlivosti je výhodné

použít vícenásobné zařízení. Schéma zapojení na obr. 6-1 je vhodné pro konvenční kotle. U kondenzačních kotlů je potřeba bezpodmínečně zamezit zvýšení teploty zpětné vody.



Obr. 6-1 Schéma zapojení zařízení s více kotly

6.7 Bytové výměňkové stanice pro decentralizovanou přípravu teplé pitné vody

Běžným a nejčastěji používaným způsobem přípravy teplé pitné vody je použití zásobníků na teplou pitnou vodu. Tento systém ohřeje vodu dlouho před použitím a ukládá nebo „skladuje“ ji v horkém stavu. Kvůli nevyhnutelné ztrátě tepla během skladování, v závislosti na teplotě okolí, je nutné pravidelné dohřívání. Nevýhody tohoto způsobu ohřevu a distribuce teplé pitné vody jsou dobře známé: tepelné ztráty a možné hygienické nedostatky (vznik a růst bakterií legionella). Vývoji bakterií legionella by se mělo předem zabránit konstruktivními opatřeními nebo změnou způsobu ohřevu. Cílem těchto opatření je zabránit hromadění horké vody v časové ose, aby se zabránilo šíření bakterií legionella. Tento způsob ohřevu, který pro svou funkci nevyžaduje žádný skladovací potenciál, je známý pod pojmem „průtokový ohřev vody“. Na dosažení úrovně komfortu, který je dnes obvyklý a který vyžaduje uživatel tímto způsobem, nebo na zabezpečení kdykoli a za jakýchkoli provozních podmínek, je potřeba vysoká úroveň technického úsilí a velké know-how. Rovněž, aby se umožnilo očekávané

optimální fungování zařízení, musí se přizpůsobit i primární podmínky, za kterých se zařízení obsluhují. Technologický vývoj tohoto typu zařízení je zřetelně viditelný napříč různými generacemi. Hlavní oblastí použití je použití v domácnosti rodiny (např. 2 dospělí, 2 děti) v uzavřené vícepodlažní složené obytné budově. Platí to zejména pro častý případ následného zásobování dálkovým vytápěním. Zařízení na použití v nových budovách, jako jsou např. pasivní domy, nízkoenergetické domy, domy s nulovou spotřebou energie a řadové rodinné domy. V závislosti na potenciálu primárního dodavatele mají bytové výměňkové stanice dostatek energie pro každou aplikaci, aby byla splněna obvyklá očekávání uživatelů ohledně pohodlí. Nejdůležitějším kritériem kvality života uživatele při použití těchto typů zařízení je průtok teplé vody za jednotku času (litr/minuta). Horká voda musí mít kromě toho po dobu celého procesu dodávky požadovanou nebo dopředu nastavenou teplotu.

Bytová výměňková stanice je kompaktní jednotka připravená na připojení pro nezávislé zásobování teplem a přípravu teplé pitné vody. V závislosti na bytové výměňkové stanici a aplikaci bytu je výstup teplé pitné vody navržen tak, aby bylo možno současně napájet několik vodovodních baterií.

Pitná voda se ohřívá podle potřeby na základě principu kontinuálního toku pomocí výměníku tepla. Už není potřeba uchovávat teplou pitnou vodu pro domácnost ve skladovacích zásobnících. To znamená, že jsou potřeba pouze tři přívodní potrubí, tzn. Přívodní potrubí tepla, vratné potrubí tepla a potrubí na studenou pitnou vodu. Stoupačky teplé pitné vody a cirkulace nejsou potřeba. Smysluplné umístění bytové výměňkové stanice je centrálně od odběrných míst v bytě. To je ve smyslu nařízení o pitné vodě pro co nejkratší potrubí. Trubky a výměník tepla v bytové výměňkové stanici jsou vyrobeny z nerezové oceli. V případě potřeby mohou být rovněž opatřené tepelnou izolací.

Individuální zdroje tepla, jako např. dálkové vytápění, kotel na olej, plyn nebo dřevo a vyrovnávací zásobník, místní stanice na odevzdávání tepla atd., zásobují bytové výměňkové stanice topnou vodou prostřednictvím systému vytápění. Bytová výměňková stanice přebírá decentralizovanou distribuci topné vody přímo u spotřebitele, reguluje emisi tepla a generuje teplou vodu pomocí deskového výměníku tepla na základě průtokového principu. Výhodou je rychlá a snadná instalace bytové výměňkové stanice a vysoký a hygienicky bezpečný ohřev teplé pitné vody pro domácnost. V závislosti na verzi stanice je možná individuální regulace vytápění obytného prostoru. (Příklad: regulace podle počasí nebo regulace podlahového vytápění)

Hlavní výhody jsou:

- Individuální vytápění místností a odběrných míst teplé pitné vody
 - Průtokový ohřev umožňuje nepřetržitou dodávku při použití topné vody.
 - Nízké investiční náklady v porovnání s tradičními nástěnnými kotli.
 - Instalace na všech místech pomocí nástěnné nebo vestavěné skříňky.
 - Nízký obsah vody v systému pitné vody, proto není potřeba žádné cirkulační potrubí
 - Bez povinnosti vyšetřit bakterie legionella podle předpisů ÖNORM nebo předpisů pro pitnou vodu.
 - Nízká teplota topné vody od zdroje tepla
 - Potrubí a výměník tepla vyrobené z vysoce kvalitní nerezové oceli.
- Bytová výměňková stanice je namontovaná na základní desce, je těsná, testovaná na funkčnost.
 - Nízké náklady na údržbu.
 - Kontrola nákladů na spotřebu a přesné vyúčtování bytových jednotek prostřednictvím integrovaných měřičů množství tepla a studené vody.
 - Bytovou výměňkovou stanici je možno individuálně přizpůsobit podle potřeb uživatele.
 - Minimální požadavky na prostor.
 - Nevyžaduje zásobník teplé pitné vody
 - Udržováním konstantní teploty ve výměníku tepla se snižuje riziko tvorby bakterií legionella a vodního kamene
 - Minimální ztráty v systému
 - Jednoduchá obsluha systému.
 - Optimální pohodlí

V době bez odběru tepla za výměňkovou stanicí protéká topná voda přes obtok, který pomocí omezovače teploty zpátečky udržuje konstantní požadovanou teplotu vody před stanicí. V případě odběru teplé pitné vody protéká studená voda přes regulační armaturu – regulátor tlaku a teploty, která vlivem tlakové difference umožní průtok topné vody přes primární stranu výměníku tepla a následně se tím ohřívá studená voda protékající sekundární stranou výměníku tepla. Jako bezpečnostní armatura zabráňující možnosti opaření se teplou pitnou vodou je za regulátorem tlaku a teploty osazený ventil s termostatickou hlavicí s možností omezení max. teploty pitné vody.

Interpretace a regulace

Oběhová čerpadla od zdroje tepla musí být nastavena tak, aby z hlediska tlakových ztrát rozvodů nejvíce nepříznivě umístěná bytová výměňková stanice měla stále dostatečný diferenční tlak na udržení provozu. Pokud je na této stanici dostatečný diferenční tlak, je možno předpokládat, že na ostatních stanicích je rovněž dostatečný tlak. Je nutné dbát na to, aby diferenční tlak nepřekročil 0,5 barů (50 kPa), protože by to mělo za následek pro-

blémy s hlukem a poškození bytové výměňkové stanice. Aby se zajistilo, že diferenční tlak bude pod 50 kPa, měl by být na rozvodném potrubí nebo před bytovou výměňkovou stanicí nainstalován regulátor diferenčního tlaku. Regulátory diferenčního tlaku efektivně distribuují objemové toky v celém systému automaticky na nastavenou hodnotu, takže je zaručena adekvátní dodávka. Aby se zajistilo optimální rozložení tepla, musí být jednotlivé topné okruhy nebo radiátory navzájem hydraulicky vyvážené.

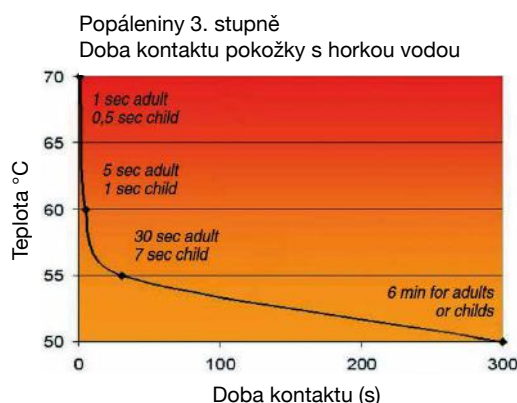
Příklad: HERZ – Bytové výměňkové stanice

Bytové výměňkové stanice HERZ dosahují vysoký kontinuální průtok teplé pitné vody při konstantní teplotě 50 °C. Ve spojení s nejnižším poklesem tlaku se tyto hodnoty považují za vedoucí postavení v průmyslu a optimálně odpovídají popsané rodině.

Bytové výměňkové stanice HERZ tak zajišťují konstantní teplotu teplé pitné vody a množství teplé pitné vody. To platí i v případě různých odběrných míst nebo vícečetných odběrných míst. Topný výkon zařízení je rovněž neobvykle vysoký 7-19 kW.

Bytové výměňkové stanice HERZ mají navíc jedinečný montážní systém patentovaný společností HERZ, který často montážnímu pracovníkovi ušetří komplikovaná a časově náročná opatření na přizpůsobení se stávajícím zařízením. Bytové výměňkové stanice HERZ proto díky svému sofistikovanému designu zajišťují rychlý a nekomplikovaný postup montáže. Chyby montáže a připojení mohou být do značné míry vyloučené díky snadno pochopitelným a trvale viditelným označením spojů.

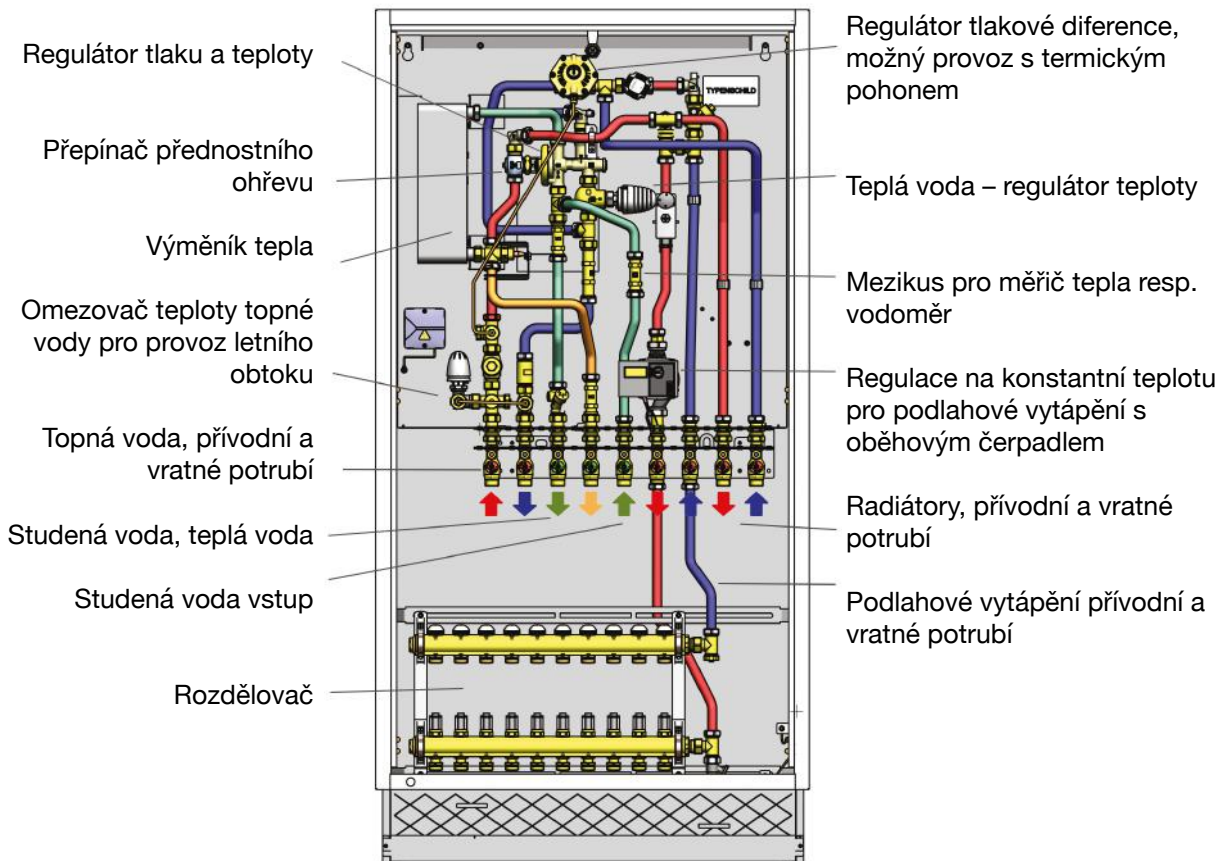
Všechny katalogové modely HERZ mají trvale nastavený směšovací ventil HERZ na pitnou vodu, který omezuje maximální teplotu vody (max. 50 °C) a slouží na ochranu před opařením.



K dispozici je široká škála modelů, které vyhovují specifickým požadavkům každé oblasti použití.

Příklad: **HERZ - Bytové výměňkové stanice HERZ pro provoz s radiátory, podlahovým vytápěním a přípravou teplé pitné vody**

Bytová výměňková stanice na přípravu teplé pitné vody na principu průtokového ohřevu a dodávky tepla pro nízkoteplotní vytápění a připojení radiátorů s deskovým výměníkem tepla z nerezové oceli na tvrdém plechu na principu protiproudu. Centrální regulátor teploty na regulaci teploty teplé pitné vody v závislosti na tlaku vody ve studené vodě. Potrubní spojení s odevzdávací stanicí se provádí pomocí patentovaného montážního systému s předmontážní konzolou. Nepřetržitá připravenost na přípravu teplé pitné vody v letním režimu díky teplotně řízenému přepínání obtoku – vytápěcí strana, regulátor přímého diferenčního tlaku trvale nastavený na 50 kPa, regulátor sekundárního diferenčního tlaku trvale nastavený na 13 kPa, s integrovaným zónovým ventilem, mezikus pro vodoměr studené vody, mezikus pro měřič tepla, filtr s jemným filtrem pro soustavu vytápění na vstupu do stanice a na vstupu sekundární zpětný ventil, 2 manuální větrací ventily, regulační jednotka s pevnou hodnotou HERZ s obtokem, omezovač teploty a čerpadlo, bezpečnostní termostat, rozdělovač z nerezové oceli s průtokoměrem a termostatickými svršky na distribuci jednotlivých topných okruhů při nízkoteplotním vytápění, topné je možno individuálně regulovat nebo uzavřít a ovládat pomocí pohonu (M 28 x 1,5 mm).



Max. provozní teplota	90 °C
Min. provozní teplota	55 °C
Max. provozní tlak	6 bar
Min. statický tlak pitné vody	2,5 bar
Průtok teplé pitné vody	15 l/min (10/45 °C)
Max. diferenční tlak	2 bar

6.8 Továrně vyráběné řešení pro připojení, resp. centrální vyvážení

6.8.1 Hotové kombinace připojení pro jednotky fancoil

Pro jednoduché napojení fancoilových jednotek existuje kompaktní sada, která obsahuje všechna potřebná připojení pro provoz jednotek fancoil.

Tyto připojovací sady jsou vhodné pro vytápěcí a chladicí systémy, výhradně v komerčních budovách, které jsou vybaveny jednotkami fancoil. Výhodou je rychlá montáž a jednoduché připojení.

Zpravidla se tu montují regulátory objemového průtoku, multifunkční kulové kohouty a filtry. Musí se dodržet minimální diferenční tlak požadovaný technickými specifikacemi výrob-

ce, aby se zabezpečilo správné fungování regulátoru objemového průtoku. Regulátory objemového průtoku mohou být vybavené a ovládané termopohony. V závislosti na vybraném pohonu je možná regulace teploty místnosti pokojovým termostatem až po centrální regulační systém. To zajišťuje regulaci nezávislou na tlaku a konstantní průtok, který zůstává konstantní i při kolísání tlaku. Kromě toho se maximalizuje energetická účinnost celého systému.

Mezi další funkce patří proplachování nebo oddělení systému. Vypouštěcí kohout na filtru umožňuje proplachování filtru bez nutnosti odstranění filtru.

Regulátor objemového průtoku musí být nastavený na požadované množství vody.

Tyto připojovací sady jsou v nabídce i s hotovou tepelnou izolací. Na použití v chladicích systémech musí být tepelná izolace vodotěsná z důvodu tvorby kondenzátu.

Příklad: HerzCON v dimenzích DN15 až DN32 (obr. 6-2)

Vzdálenost přípojů v obvyklém rozestupu jednotek FanCoil pro přímé připojení

DN15 a DN20 mají vzdálenost přípojů	65 mm
DN25 má vzdálenost přípojů	90 mm
DN32 má vzdálenost přípojů	120 mm
Objemový průtok vody	80 - 2500 l/h
Max. provozní tlak	25 bar
Teplotní rozsah	-20 °C až +130 °C

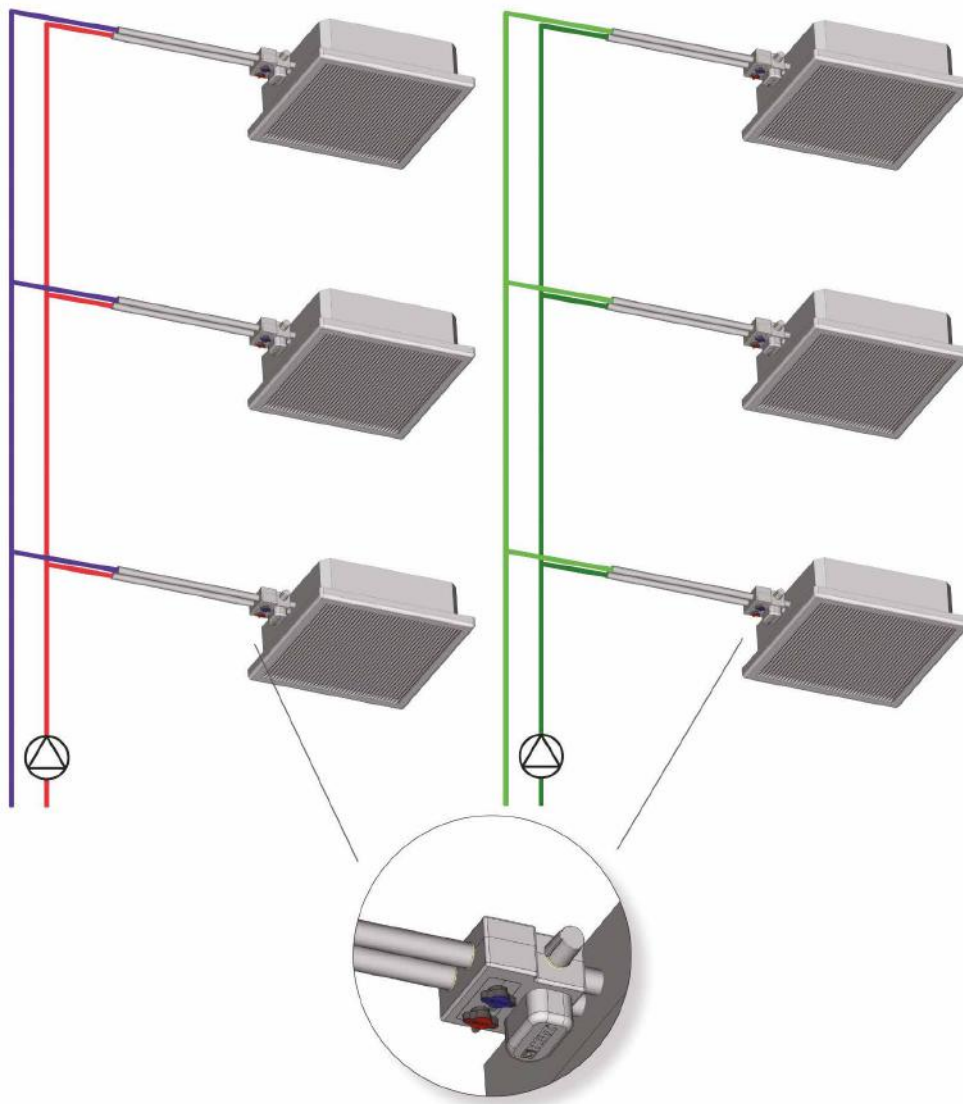


Obr. 6-2 HerzCON jednotka od spol. HERZ

Příklad: Příklad montáže pro vytápění a chlazení



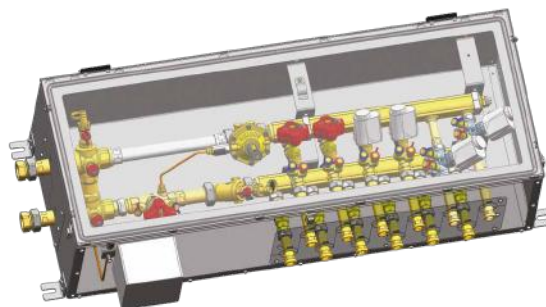
Příklad: Příklad použití pro vytápění a chlazení



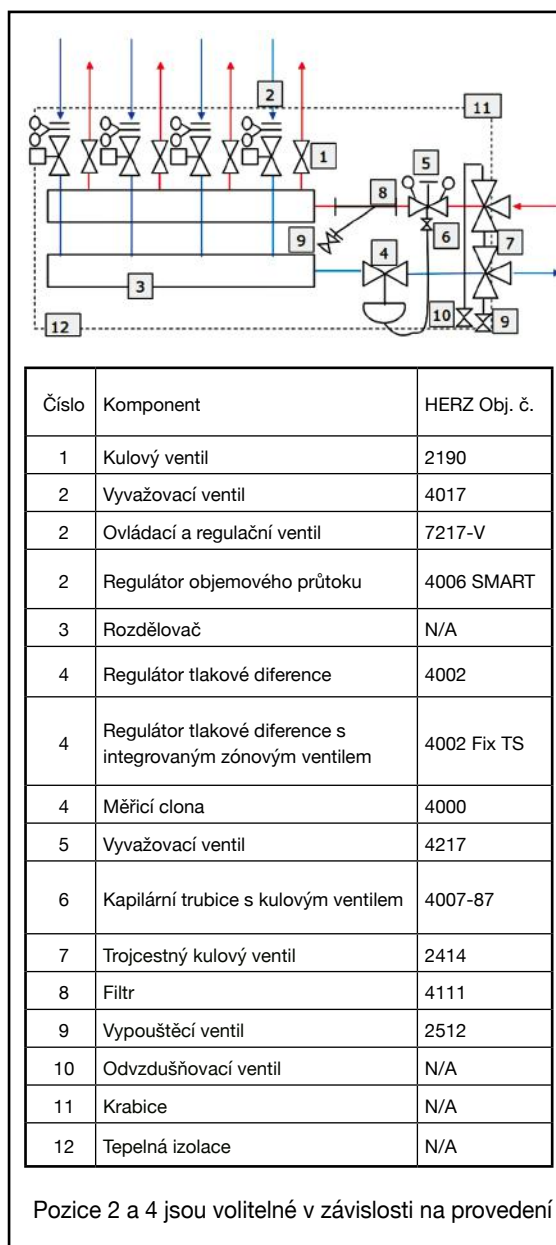
6.8.2 Řídicí centra

Takzvaná „řídicí centra“ od společnosti Herz poskytují nákladově efektivní způsob řízení domácích spotřebičů. Byla vyvinuta s cílem získat ústřední bod pro uvedení více spotřebitelů do provozu, např. ventilátorů fancoil, chladicích povrchů, resp. pro topnou a chladicí vodu. Řídicí centra jsou dodávána v izolované ocelové skříňce odolné proti difúzi a mohou být použité pro chladicí systémy. Regulátor tlakové difference je nainstalovaný na primární straně řídicího centra a zajišťuje konstantní diferenční tlak mezi jednotlivými spotřebiči.

Významné úspory energie jsou možné pomocí regulačních a řídicích ventilů nezávislých na tlaku u spotřebitelů ve stavebních technologiích v systémech s proměnlivým tlakem. Pokud se na domácích spotřebičích používají regulační a řídicí ventily, je důležité používat regulátor tlakové difference v pomocných větvích. Rovněž je potřeba zdůraznit, že úspory energie v systémech s proměnlivým průtokem se mohou výrazně zvýšit umístěním regulátorů diferenčního tlaku co nejbližší k regulačním ventilům odběratelů, kteří je dodávají. Doporučuje se použití ventilových modulů, jako jsou regulátory diferenčního tlaku, které jsou umístěné blízko regulačních ventilů spotřebitelů služeb v budovách a zabezpečují, aby se ve všech podskupinách spotřebitelů služeb ve stavebnictví udržoval konstantní rozdíl tlaku.



Obr. 6-3 Řídicí centrum (výrobek HERZ)



Obr. 6-4 Komponenty řídicího centra

7 REGULACE A HYDRAULICKÉ SYSTÉMY

7.1 Základy, pojmy

7.1.1 Co je regulace?

Na tuto otázku odpovíme praktickým příkladem.

Otevřeme jednoduchou ruční směšovací baterii s ventily na studenou a teplou vodu. Přes náš smyslový orgán, povrch rukou, se do mozku přes nervový systém hlásí teplota vody. V mozku se nyní rozhodne, zda teplota vody souhlasí s požadovanou teplotou vody. Pokud je rozdíl mezi požadovanou teplotou a skutečnou teplotou, mozek se rozhodne změnit směšovací poměr studené a teplé vody na ventilech vydáním povelu svalům přes nervový systém.

Na tomto příkladu se můžeme seznámit s podstatou regulace.

Úlohou regulace je ovlivnit nějakou fyzikální veličinu, např. tlak, hladinu, teplotu, vlhkost, množství látky nebo energie, vlastnosti látky tak, aby se dosáhla zadaná požadovaná hodnota, v našem příkladu požadovaná teploty smíchané vody.

Automatická regulace má za úlohu samočinně regulovat nějakou fyzikální veličinu, tj. přebírá úlohu, kterou předtím vykonával člověk.

Které součásti musí mít takovéto samočinné regulační zařízení, aby mohlo plnit svoji úlohu?

Regulačně-technické stanovení úlohy regulace teploty přírodní vody je zobrazené na obr. 7-1. V první řadě je určité potřeba zařízení, kterým je možno nastavit požadovanou teplotu. Hovoříme o nastavovací jednotce požadované hodnoty (SW). Kromě toho jsou potřeba zařízení, která měří teplotu vody, měřicí snímač. Nastavovací jednotka požadované hodnoty a měřicí snímač (MF) odevzdávají své hodnoty regulátoru (TC).

7.1.2 Struktura a pojmy

Následující pojmy jsou převzaty z normy ÖNORM H 5012.

Regulace

Úkon, při němž se neustále snímá jedna veličina, regulovaná veličina x (veličina, která se má regulovat), se porovnává s druhou veličinou, referenční veličinou w , a ovlivňuje se ve smyslu vyrovnání se s referenční veličinou. Charakteristickým znakem regulace je průběh působení v uzavřeném okruhu, kde se regulovaná veličina sama na své cestě působení v regulačním obvodu neustále ovlivňuje.

Automatická regulace

Všechny úkony v regulačním obvodu probíhají bez přičinění člověka (přívlastek „automatická“ se používá jen tehdy, pokud je nutno rozlišit automatickou regulaci od manuální).

Manuální regulace

Úlohu minimálně jednoho členu v regulačním obvodu přebírá člověk.

Regulační obvod

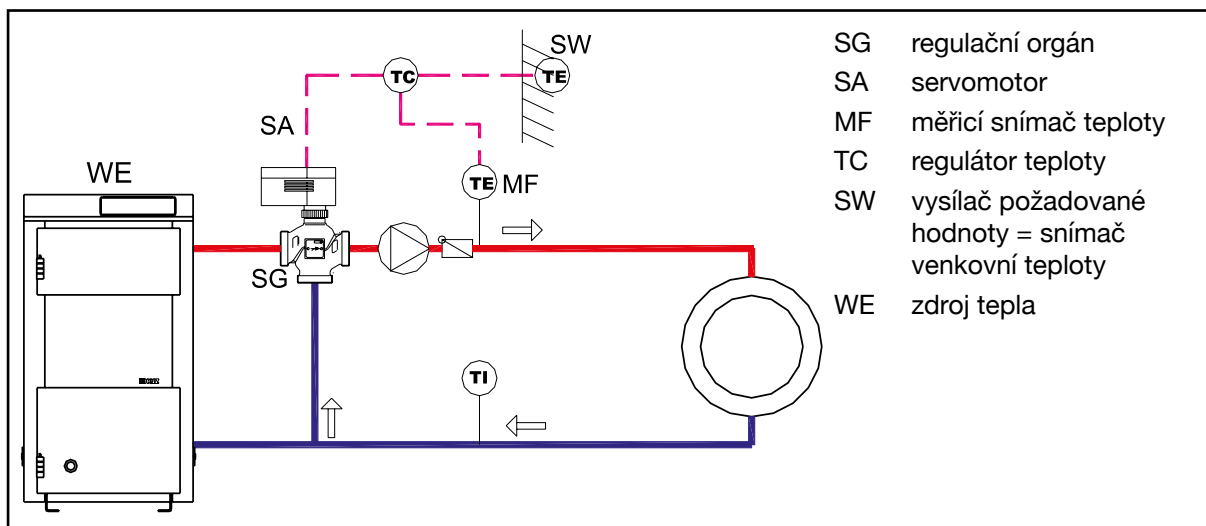
Tvoří ho soubor všech členů, které se účastní na uzavřeném průběhu působení regulace. Regulační obvod se skládá z regulované soustavy a regulačního zařízení.

Veličiny regulačního obvodu jsou:

- x regulovaná veličina
- w řídicí veličina
- y akční veličina
- y_R výstupní veličina regulátoru
- r veličina zpětné vazby
- z poruchová veličina
- e regulační odchylka ($= x-w$)

Úlohou regulátoru je porovnávat navzájem požadovanou a skutečnou hodnotu (skutečná hodnota = hodnota měřicího snímače) a prostřednictvím dalšího prvku, regulačního zařízení, měnit poměr směšování studené a teplé vody. Provádí se to následovně:

Výstupní signál regulátoru (TC) působí na servomotor (SA), který je mechanicky spojený s regulačním orgánem (SG). Změna směšovacího poměru se realizuje regulačním orgánem (SG). Regulační orgán může být v našem případě trojcestný kohout nebo trojcestný ventil.

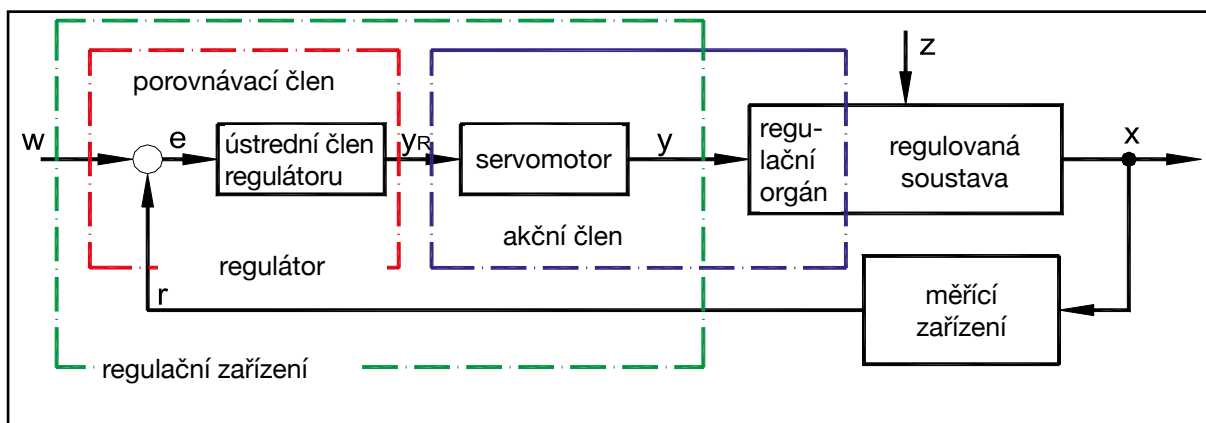


Obr. 7-1 Regulace přívodní vody v závislosti na venkovní teplotě

V krátkosti se podíváme na průběh regulace: Regulátor vytváří regulační odchylku (od požadované hodnoty se odečte skutečná hodnota) a regulační signál velikosti odpovídající regulační odchylce směřuje na servomotor (SA) a ovlivní změnu směšovacího poměru přívodní vody z kotle a zpětné vody do kotle. Změna směšovacího poměru způsobí změnu regulované veličiny, v našem příkladu teploty přívodní vody. Tato nová hodnota regulované veličiny se opět hlásí regulátoru prostřednictvím měřicího snímače, čímž může znovu začít předepsaný průběh působení.

Regulační technik hovoří o uzavřeném okruhu, regulačním obvodu (obr. 7-2). Regulovaná soustava (dále jen soustava) je podle stanovené úlohy ovlivňovaná část systému. Na začátku soustavy se nachází regulační orgán (vstupní veličina y), na konci měřicí místo s měřicím snímačem (výstupní veličina x).

Pásmo proporcionality X_p :
Jedná se o rozsah, o který se musí změnit regulovaná veličina (x) při pevné hodnotě řídicí veličiny, aby se akční veličina změnila v celém akčním rozsahu Y_h .

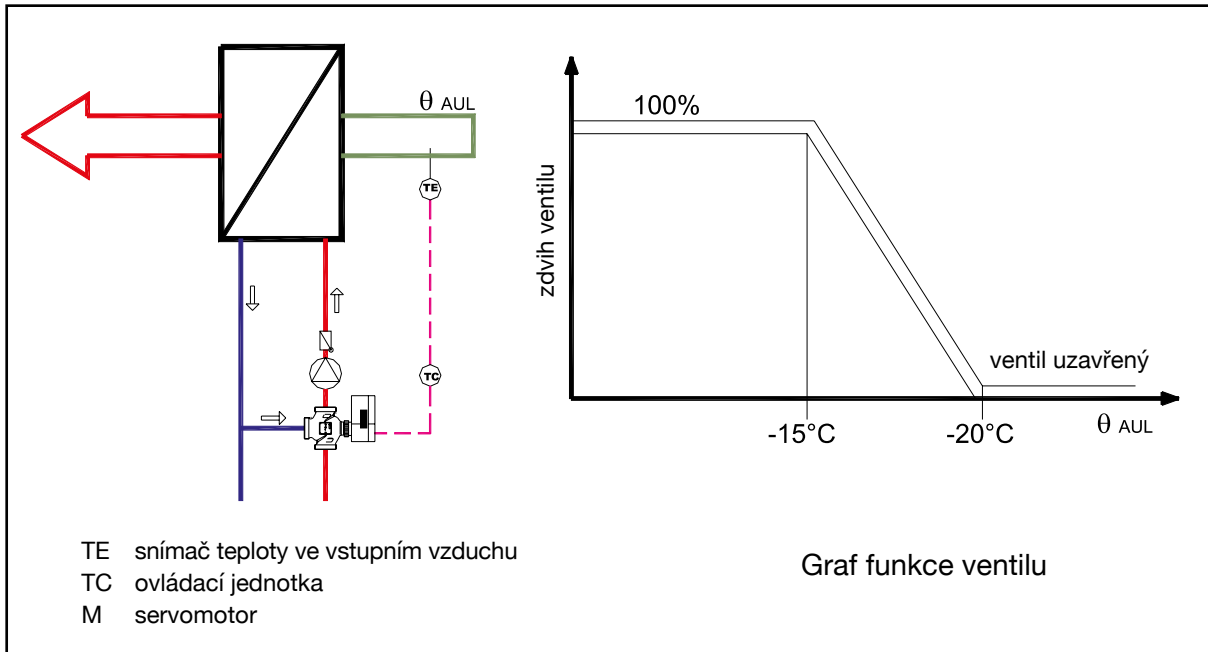


Obr. 7-2 Průběh působení v regulačním obvodu (typické schéma působení)

7.1.3 Co je ovládání?

Při regulaci jsme hovořili o uzavřeném průběhu působení. Protikladem uzavřeného průběhu působení je otevřený průběh působení, který charakterizuje ovládání.

Regulace a ovládání nejsou tedy identické pojmy. Při regulaci se regulovaná veličina neustále hlásí regulátoru (TC). Při ovládání se ovládaná veličina nekontroluje. Výše uvedené bude vysvětleno na příkladu ovládání ohřívače vzduchu podle obr. 7-3.

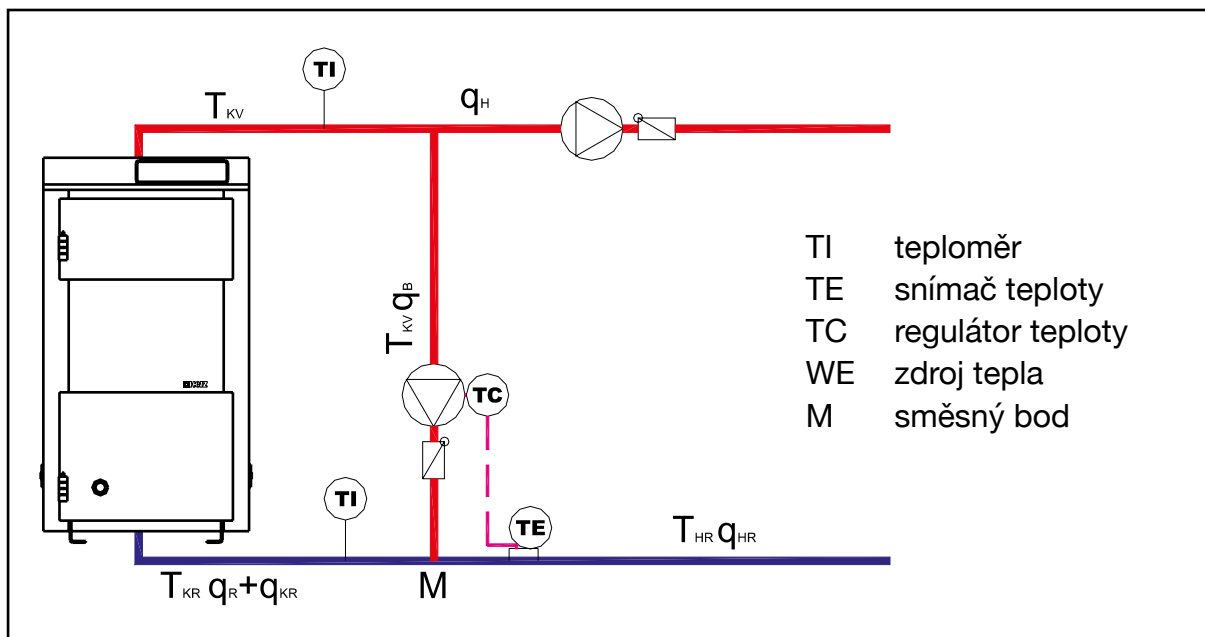


Obr. 7-3 Ovládání ohřívače vzduchu

Snímač teploty (TE) snímá teplotu venkovního vzduchu θ_{AUL} a hlásí ji ovládací jednotce (TC). Úlohou ovládání je transformovat hodnotu teploty venkovního vzduchu θ_{AUL} podle přesně stanovené zákonitosti na akční signál, jako je např. znázorněno v grafu funkce ventilu na obr. 7-3 vpravo.

Regulovaná veličina, teplota přiváděného vzduchu, se však ovládací jednotce (TC) nehlásí. Tím se nevytvoří žádný uzavřený regulační obvod.

Důležitým použitím je ovládání směšovacího čerpadla na zvýšení teploty zpětné vody kotle, aby se zabránilo korozi kotlových zařízení na straně spalin (obr. 7-4). Minimální teplota zpětné vody kotle se nastavuje na regulátoru teploty TC.



Obr. 7-4 Ovládání teploty zpětné vody kotle

Zvýšení teploty zpětné vody je potřebné:

- u ocelových kotlů na zabránění nízkoteplotní korozi,
- u litinových kotlů na zabránění tvorby vlasových trhlin
- a zabezpečení minimálního průtoku vody kotlem.

Požadované teploty zpětné vody pro:

extra lehký topný olej	> 55 °C
lehký topný olej	60 ... 65 °C
zplynovací kotel na dřevo	65 °C
kotel na plyn >100 kW	35 ... 45 °C

Příklad: Zvýšení teploty zpětné vody prostřednictvím kotlového směšovacího čerpadla podle obr. 7-4 (str. 84)

Výkon kotle 100 kW při teplotě přívodní vody z kotle $\theta_{KV} = 80^\circ\text{C}$

Aby se zabránilo korozi na straně spalin, je při extra lehkém topném oleji potřebná minimální teplota zpětné vody do kotle 55°C . Směšovací teplota se vypočítá z tepelné bilance ve směšovacím bodu M při teplotě zpětné topné vody $\theta_{HR} = 50^\circ\text{C}$.

Tepelný obsah přimíchávání + tepelný obsah zpětné vody = tepelný obsah zpětné vody do kotle

$$q_B \cdot c \cdot \theta_{KV} + q_H \cdot c \cdot \theta_{HR} = (q_B + q_H) c \cdot \theta_{KR}$$

Z toho možno vypočítat potřebný průtok vody v přimíchávací větvi:

$$q_H + q_B = \frac{100}{4.2 \cdot 25} = 0.95 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.95 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad \text{v kotlovém okruhu}$$

$$q_H = 0.95 - q_B$$

$$q_B \cdot 80 + (0.95 - q_B) \cdot 50 = 0.95 \cdot 55$$

$$30 \cdot q_B + 47.5 = 52.25$$

$$30 \cdot q_B = 52.25 - 47.5$$

$$q_B = 0.158 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad \text{v přimíchávací větvi}$$

$$q_H = 0.95 \frac{\text{l}}{\text{s}} - 0.158 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0.792 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3.21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Směšné čerpadlo:

Přibližně sa dá vypočítat:

$$\text{průtok čerpadla } q_V = \frac{\Phi_K}{1.16 \cdot \Delta\theta}$$

$\Delta\theta = 30 \text{ K}$ pro litinové kotle

$\Delta\theta = 50 \text{ K}$ pro ocelové kotle

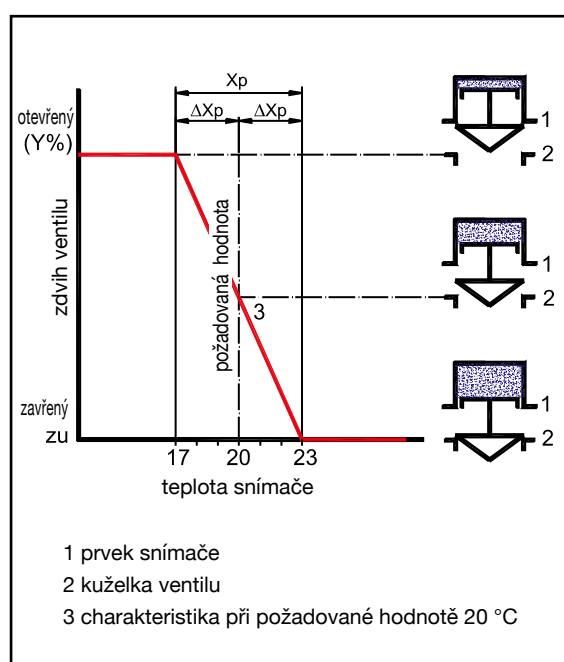
Dopravní výška = součet odporů potrubí a vřazených odporů v kotlovém okruhu = cca 20 kPa

7.1.4 Termostatický regulátor, funkce a sestava

Proporcionální regulátor

Termostatický ventil je armatura s **proporcionálním regulátorem** bez pomocné energie a musí se jako taková zvolit a namontovat s maximální pečlivostí.

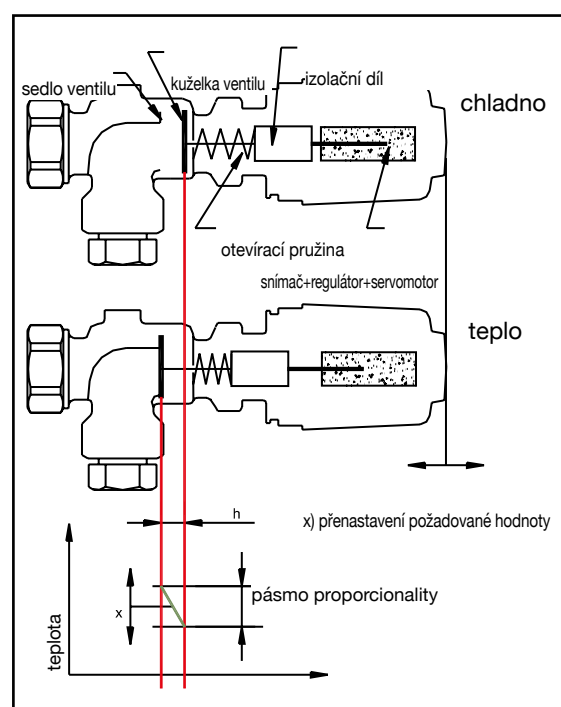
U proporcionálního regulátoru je výstupní veličina úměrná vstupní veličině, tj. u termostatického ventilu je každé změně vnitřní teploty (regulovaná veličina x) přiřazena úměrná změna zdvihu ventilu (akční veličina y). Tato změna zdvihu přímo ovlivňuje **změnu průtoku topné vody**.



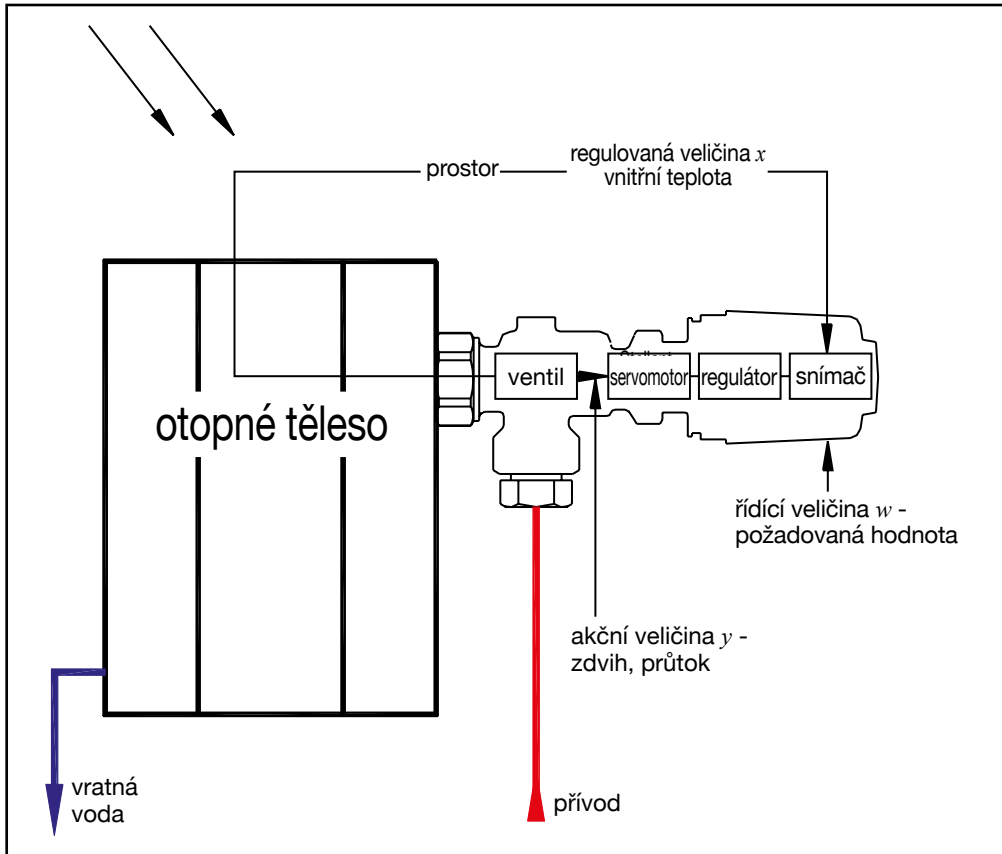
Obr. 7-5 Princip funkce termostatického ventilu

Tímto způsobem se uskutečňuje regulace škrcením otopného tělesa.

Obrázek 7-5 ukazuje ve zjednodušené podobě princip funkce. Při nastavené požadované hodnotě 20 °C je ventil při vnitřní teplotě 23 °C zcela uzavřený (zdvih ventilu = 0 %) a při 17 °C zcela otevřený (zdvih ventilu = 100 %). Snímač (1) může být naplněn kapalinou, plynem nebo voskovou hmotou. Při nárůstu teploty nastává zvětšení objemu kapaliny, voskové hmoty nebo nárůst tlaku plynu, čímž se kuželka ventilu pohybuje ve směru zavírání. Při poklesu teploty se děje opačný proces ve směru otevírání.



Obr. 7-6 Funkce termostatického ventilu /firmy Herz/



Obr. 7-7 Termostatický ventil jako regulátor /firma Herz/

Termostaty se vyhotovují jako termostatické ventily s vestavěným snímačem, termostatické ventily s vestavěným ovladačem na nastavení požadované hodnoty a dálkovým snímačem nebo jako termostatické ventily s kombinovaným dálkovým ovladačem a dálkovým snímačem. Snímač termostatu je obvykle prvek s kapalinovou náplní, přičemž jako náplň se někdy používá i plyn nebo pevná látka.

Proporcionální regulátor bez pomocné energie, tudíž i termostatický ventil, je charakterizovaný nepřestavitelným pásmem proporcionality (x_p), např. $x_p = 4 K$.

Příliš malé pásmo proporcionality x_p způsobuje kmitání – příliš velké pásmo zase netolerované regulační odchylky.

Termostatický ventil otopného tělesa je kalibrován ze závodu na bod zavření, obvykle s proporcionalní odchylkou $\Delta x_p = 2K$.

Potom při požadované hodnotě 20 °C přes ventil protéká jmenovitý průtok a při vnitřní teplotě 22 °C se ventil zavře.

Poruchy, které mají vliv na konstantnost vnitřní teploty a vyžadují automatickou regulaci, jsou:

- venkovní teplota s největším vlivem
- sluneční záření a vítr
- přídavné tepelné zdroje (elektrické přístroje, osoby, osvětlení, potrubí teplé vody apod.)

Pokud se proměnlivé venkovní teploty kompenzují pomocí regulace teploty přívodní vody v závislosti na venkovní teplotě, termostatické ventily musí prakticky regulovat už jen vnitřní tepelné zisky v prostoru.

Je nutno zabránit každému překročení teploty nad požadovanou hodnotu. Jinými slovy, termostatické ventily musí pouze škrtit přítok topné vody v rozsahu zdvihu 50 % - 0 %, což má za následek kladné pásmo proporcionality. Ventil z našeho příkladu při optimální zvolené topné křivce a absenci dalších narušení (vítr, slunce atd.) by se při každé hodnotě venkovní teploty ustálil v poloze 50 % zdvihu (střední poloha) a umožnil by protékání **požadovaného průtoku vody**. Požadovaný průtok vody se určí při dimenzování otopného tělesa, přičemž do vztahu

$$\Delta\theta = \theta_V - \theta_R$$

je nutno dosadit skutečnou teplotu zpětné vody θ_R .

7.1.5 Regulační ventily, autorita ventilu

Charakteristika regulačního ventilu se definuje pro jeho tlakový spád. Při zcela otevřeném regulačním ventilu se tlakový spád na regulačním ventilu skládá z uzlového tlakového rozdílu KDD sníženého o tlakové ztráty zabudovaných součástí a potrubí.

To je zároveň i nejmenší tlakový spád Δp_{Vmin} , vyskytující se na regulačním ventilu.

Při uzavřeném regulačním ventilu je na regulačním ventilu celý uzlový tlakový rozdíl KDD, přičemž průtok, a proto i tlaková ztráta zabudovaných součástí a potrubí se rovná nule. To je největší tlakový spád $\Delta p_{Vmax} = KDD$, vyskytující se na regulačním ventilu.

Tlakový spád na regulačním ventilu v žádném případě není konstantní, mění se při každé změně zdvihu. Tím je daná průtoková charakteristika, která závisí na hydraulických vlastnostech a geometrických rozměrech regulované soustavy.

Souvislosti se popisují autoritou ventilu a_v :

$$a_v = \frac{\Delta p_{Vmin}}{\Delta p_{Vmax}}$$

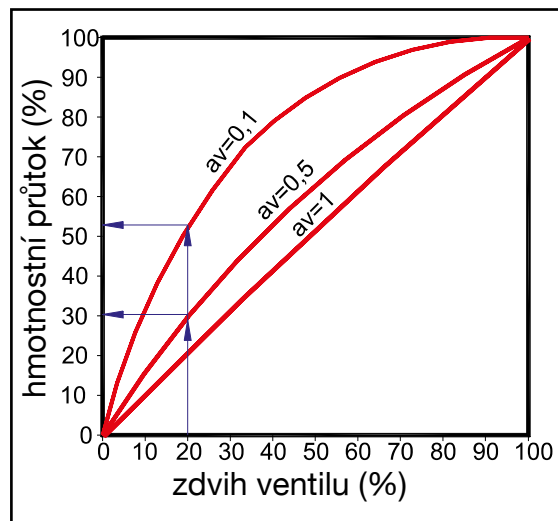
kde:

a_v	-	autorita ventilu
Δp_{Vmin}	Pa	tlakový spád při plně otevřeném ventilu
Δp_{Vmax}	Pa	tlakový spád při uzavřeném ventilu

Pokud zkoumáme regulační ventil, který je navržen tak, aby ve zcela otevřeném stavu dosáhl jmenovitého průtoku, ale má přitom nepříznivou autoritu ventilu $a_v = 0,1$, potom podle obr. 7-8 se už při 20 % zdvihu ventilu dosáhne asi 50 % jmenovitého průtoku. Na rozdíl od regulačního ventilu s autoritou ventilu $a_v = 0,5$ se při 20 % zdvihu ventilu dosáhne 30 % jmenovitého průtoku. Autorita ventilu $a_v = 0,5$ je proto pro dimenzování regulačních ventilů přiměřená.

Toto srovnání rovněž ukazuje, jak se zhorší kvalita regulace u předdimenzovaných ventilů.

U předdimenzovaných ventilů se zmenšuje Δp_{Vmin} , zatímco Δp_{Vmax} zůstává nezměněný. To zhoršuje autoritu ventilu, a tím i kvalitu regulace. Autorita ventilu má být proto v rozmezí $a_v = 0,25 \dots 0,75$.



Obr. 7-8 Průtokové charakteristiky regulačního ventilu s lineární charakteristikou při různých autoritách ventilu

Dimenzování regulačních ventilů:

Při dimenzování regulačních ventilů se vychází z tlakového spádu při zcela otevřeném ventilačním ventilu, tj. při jmenovitém průtoku. Jmenovitý průtok je hodnota vypočítaná projektantem při výpočtových podmínkách.

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}}$$

kde:

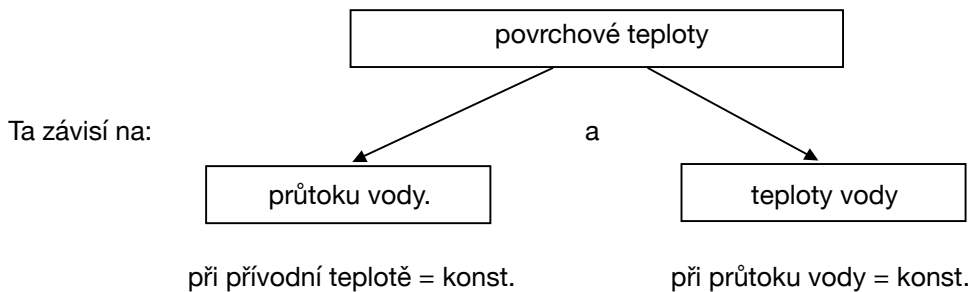
k_v	$m^3 \cdot h^{-1}$	objemový průtok ventilem při tlakovém spádu 1 bar (průtokový součinitel ventilu)
q_v	$m^3 \cdot h^{-1}$	objemový průtok
Δp_{Vmin}	bar	tlakový spád při úplně otevřeném ventilu

Z výše uvedené rovnice vypočítaný průtokový součinitel k_v tvoří základ pro volbu ventilu. Z firemních podkladů se vybere regulační ventil s nejbližší nižší hodnotou $k_{v,r}$. Tím stoupne autorita ventilu. Vypočítaná hodnota k_v Mállokdy souhlasí s její hodnotou ve firemních podkladech. Často neodvratně dochází k předimenzování regulačních ventilů, což má za následek

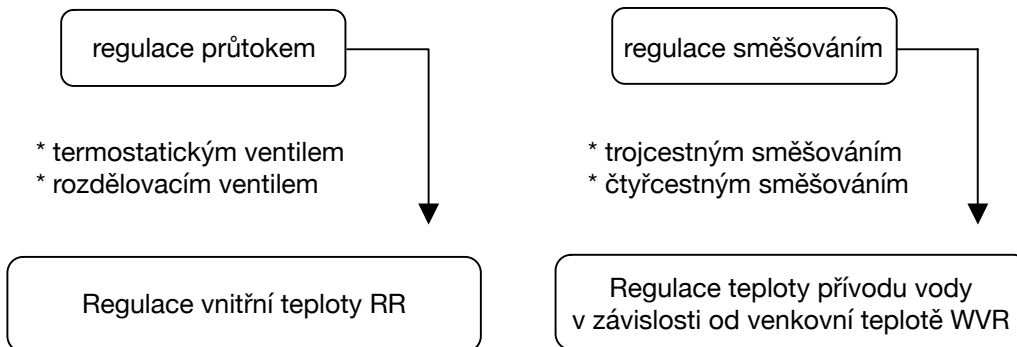
zvýšení objemového průtoku. Aby se tomu zabránilo, stejně jako případnému nedostatečnému zásobení jiných tepelných spotřebičů, v takových případech je nutno za regulační ventil zařadit vyvažovací ventil na dodatečné vyvážení jmenovitého průtoku. Přitom se v žádném případě nezhorsí kvalita regulace regulačního ventilu.

7.2 Regulace výkonu

Odevzdávání tepla topnou plochou v prostoru (např.: deskové otopné těleso, podlahové vytápění) závisí na proměnlivé:



Podle toho existuje:



7.2.1 Regulace směšováním

Proměnlivá teplota přívodu vody,
konstantní objemový průtok ve
spotřebiči.

Schéma zapojení na obr. 7-9 znázorňuje směrování přívodu vody ze zdroje tepla se zpětnou vodou ze spotřebičů vytápění. Úsek s proměnlivým průtokem je úsek zdroje tepla, např. kotlový okruh. Spotřebiče (otopná tělesa) dostávají konstantní průtok vody zabezpečovaný oběhovým čerpadlem.

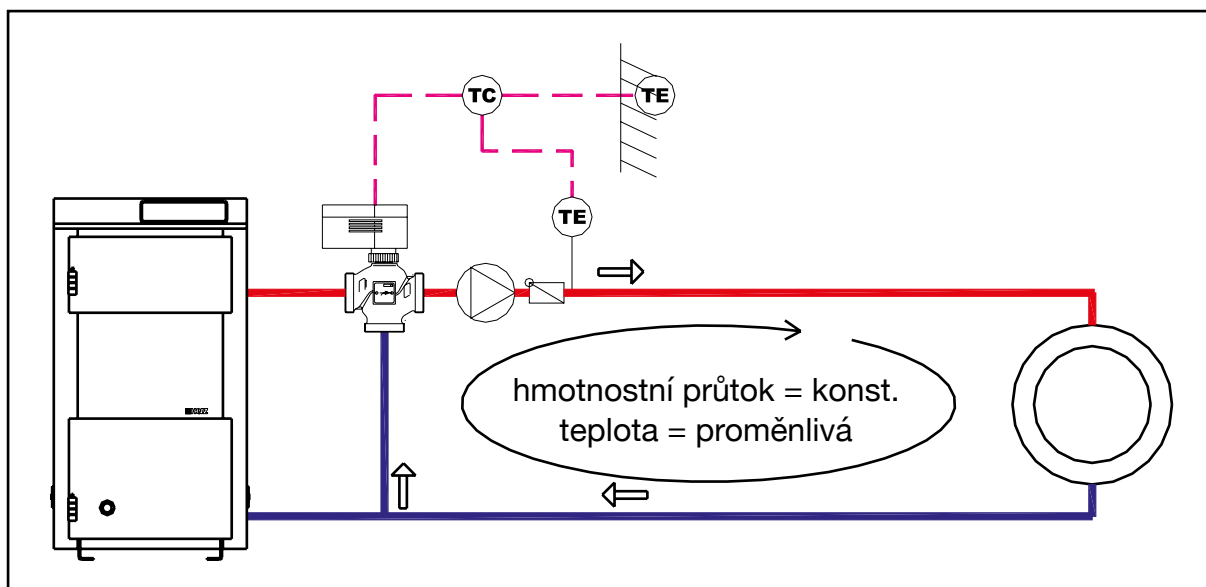
Regulace výkonu na otopném tělese se uskutečňuje proměnlivou teplotou přívodní vody. Toto zapojení je vhodné pro nízké teploty zpětné vody, např. pro kondenzační kotle, připojení na centralizované zásobování teplem, tepelná čerpadla.

Při požadavku na minimální teplotu zpětné vody je nutno ji zabezpečit dodatečným zapojením, např.

- kotlového směšovacího čerpadla
- čtyřcestného směšovače
- termostatickými ventily

typ ederstat: od 72 °C bimetálová pružina otevírá kovový talíř

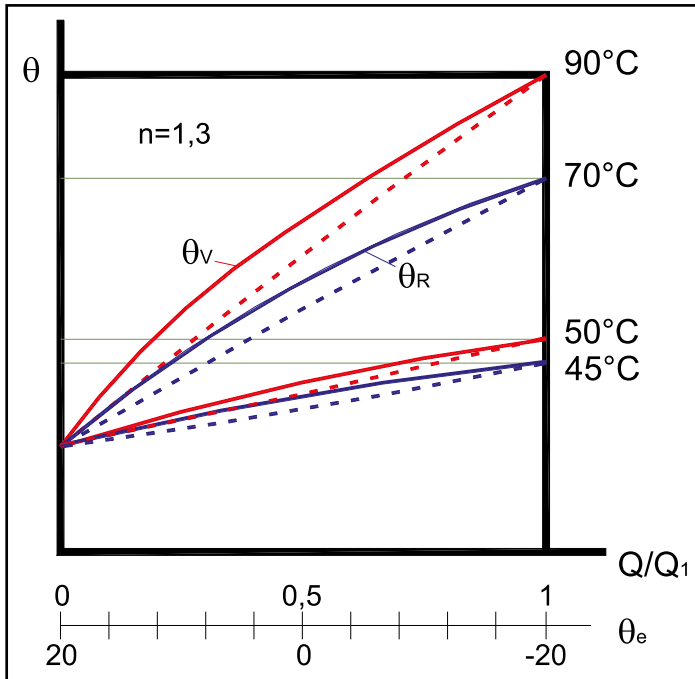
typ ederbac: zpětný ventil s třemi přípoji na zamezení chybné cirkulace



Obr. 7-9 Schéma regulace teploty přívodu v závislosti na venkovní teplotě HERZ trojcestný ventil (1 4037 xx) s pohonem (1 7712 xx)

Grafickou souvislost mezi teplotou přívodu θ_v a tepelným výkonem Φ nebo venkovní teplotou zobrazuje tzv. **topná křivka**.

Zaoblení topné křivky závisí na exponentu n výkonové křivky topných ploch.


 Obr. 7-10 Topné křivky pro 90/70 °C a 50/45 °C $n=1,3$ $n=1,3$

Topné křivky vyobrazené na obr. 7-10 platí pro teplotu přívodní / zpětné vody 90/70 a 50/45 °C při výpočtové venkovní teplotě $\theta_{min} = -20^\circ\text{C}$.

Pokud od střední teploty vody mezi teplotami přívodní a zpětné vody odečteme vnitřní teplotu, dostaneme rozdíl teplot ΔT . Čím je vyšší, tím větší je odevzdávání tepla.

Toto je znázorněno na výkonové křivce (obr. 7-10) otopných těles.

Při lineární závislosti (na obr. 7-10 čárkovaně) je možno pro venkovní teplotu $\theta_x^\circ\text{C}$ zjistit, že potřebný topný výkon Φ_{100} poklesne na

$$\Phi_x = \Phi_{100} \frac{\theta_i - \theta_x}{\theta_i - \theta_{min}}$$

Příklad: Dílčí zátěž

Pro vytápění článkovými tělesy je nutno vypočítat požadovaný topný výkon při venkovní teplotě 0 °C a teplotu otopného tělesa, pokud návrhové údaje systému jsou:

$\theta_{emin} = -20^\circ\text{C}$ $\Phi_{100} (90/70/20) = 800 \text{ W}$ W odevzdávaný výkon
při vnitřní teplotě $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ je výkon $\Phi = 0$

Při venkovní teplotě 0°C je $\Phi_x = \Phi_{100} \frac{20+0}{20+20} = \Phi_{100} \cdot 0,5$,

tj. při 0 °C bude potřeba jen poloviční topný výkon. Z topné křivky podle obr. 7-10 je možno odečíst teplotní spád $\theta_v = 68^\circ\text{C}$; $\theta_R = 59^\circ\text{C}$.

Rozdíl teplot $\Delta T = 43,5 \text{ K}$ vypočítáme při střední teplotě vody 63,5 °C:

$$\Delta T = \frac{\theta_v + \theta_R}{2} - 20 = \frac{68 + 59}{2} - 20 = 43,5 \text{ K}$$

7.2.2 Regulace průtokem

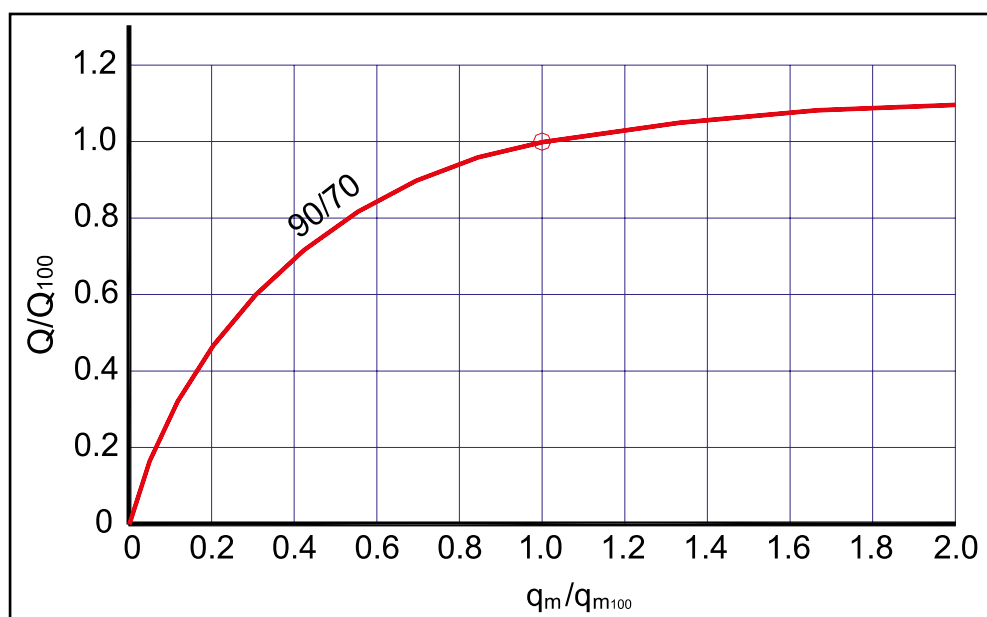
Konstantní teplota přívodní vody,
proměnlivý hmotnostní průtok ve spot-
řebiči.

Regulace výkonu v topném okruhu sa dosahuje škrcením průtoku vody.

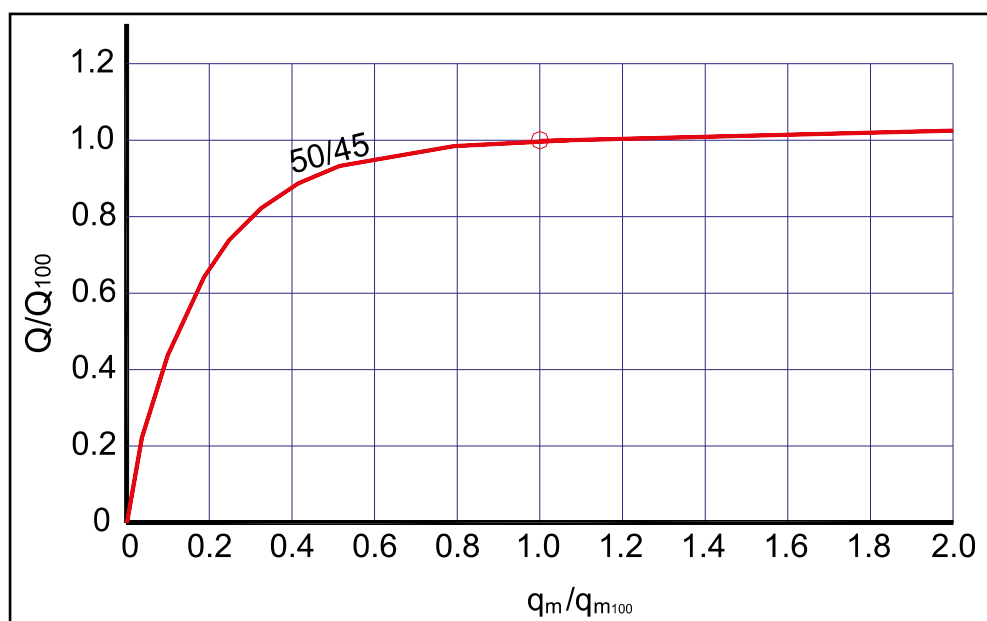
$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot (\theta_V - \theta_R)}$$

Se snižováním průtoku topné látky však narůstá i čas setrvání vody v topné ploše. To způsobuje větší ochlazení topné vody. Zvýšení teplotního spádu na otopném tělese tím částečně narušuje účinek snížení průtoku topné vody.

To znamená, že topný výkon se nesnižuje úměrně s průtokem vody. Závislost je vyobrazena na následujících škrticích křivkách (obr. 7-11, 7-12).



Obr. 7-11 Škrticí křivka otopného tělesa navrženého pro 90/70 °C



Obr. 7-12 Škrticí křivka otopného tělesa navrženého pro 50/45 °C

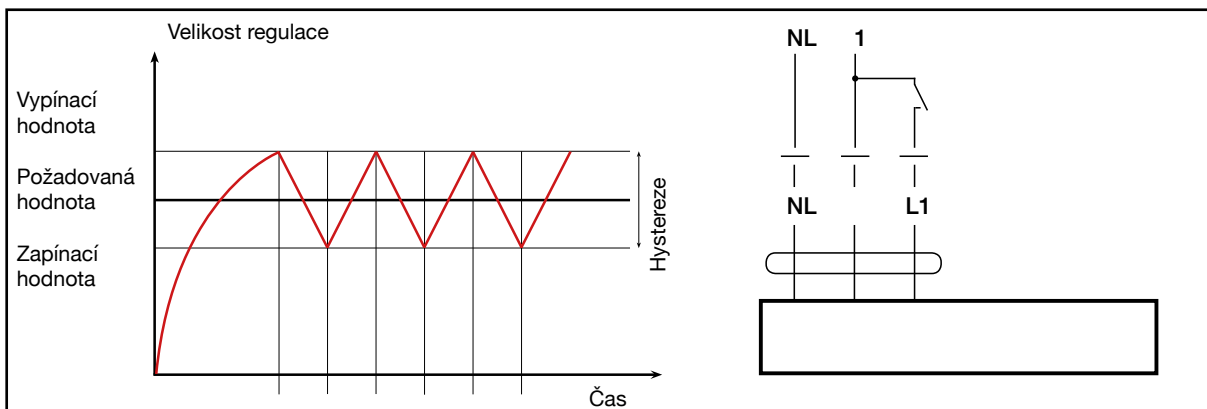
Ze škrticí křivky je možno zjistit, že při snížení průtoku vody otopným tělesem (ohřivačem vzduchu apod.) na polovinu klesne odevzdaný výkon jen na 80 %. Pro poloviční topný výkon je potřeba pouze 10 až 20 % jmenovitého průtoku. Předimenzovaný regulační ventil musí pracovat při ještě menším otevření ventilu. Proto by se při regulaci škrcením měly bezpodmínečně instalovat ventily s přednastavením a při úplném otevření by měly být přednastaveny rovněž na jmenovitý průtok.

7.2.3. Způsoby regulace

Ve vytápěcích systémech se rozlišuje mezi dvojbodovým, trojbodovým a plynulým řízením. Správný typ řízení se musí zvolit v závislosti na oblasti použití. Tyto typy jsou vysvětleny v následujících podkapitolách.

7.2.3.1. Dvojbodová regulace

Dvojbodová regulace je stejně jako trojbodová regulace diskontinuálním typem řízení. Řídicí zařízení přepíná svou výstupní proměnnou ve stupních a počet možných spínacích bodů závisí na typu regulátoru (dvojbodové, trojbodové nebo vícebodové řízení). Jak již název napovídá, dvojbodový ovládač má pouze dvě polohy, zapnuto nebo vypnuto. Co se týká ventilu, znamená to otevřenou nebo zavřenou polohu ventilu. Nevýhodou tohoto typu řízení je to, že životnost ventilů se může zkrátit v důsledku početných spínacích frekvencí. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady a jednoduchá struktura ovladače. Spínací rozdíl mezi hodnotou zapnutí a vypnutí je označován jako hystereze. Tento typ regulace se používá například na regulaci teploty místnosti. Regulátor přijímá signál pro otevření nebo zavření regulačního ventilu ze snímače teploty.



obr. 7-13 Diagram a schéma zapojení dvojbodové regulace

7.2.3.2. Trojbodová regulace

Jak již bylo uvedeno, jde rovněž o diskontinuální typ regulace. I zde existuje spínací a vypínací bod, přičemž třípolohový ovladač má rovněž třetí spínací bod. Takovýto regulátor se například používá ve vytápěcích systémech s dvěma úrovněmi spínání (úroveň 1, úroveň 2, vypnutí) nebo v klimatizačních systémech, které mohou vytápět a chladit (vytápění, vypnutí, chlazení) nebo na regulaci teploty vstupní vody pomocí trojcestného směšovacího ventilu (otevřeno, vypnuto, použít).

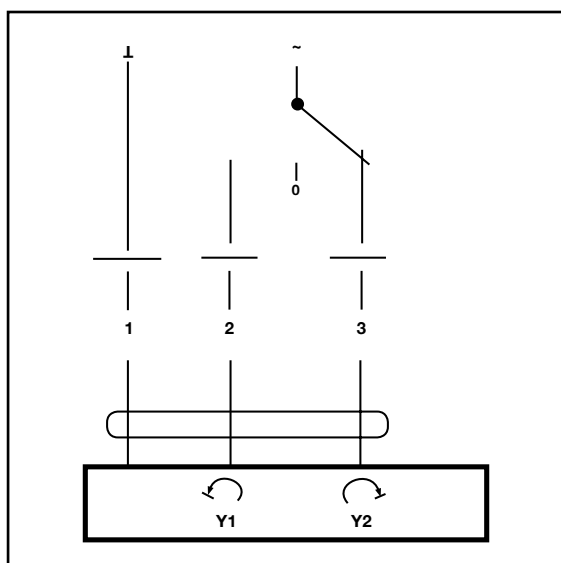
7.2.3.3. Plynulá regulace

Při plynulé regulaci může ovladač zaujmout jakoukoliv polohu v rozsahu 0-100 %. Regulace se provádí porovnáním skutečné a jmenovité hodnoty. Signál se nepřetržitě přivádí do ventilu nebo jeho ovladače, čímž je zabezpečena trvalá řídicí funkce.

Tento typ regulace se vyznačuje možností plynulého nastavení a rychlou dobou reakce. Používá se například na regulaci průtoku v systémech fancoil. S plynulým pohonem ventilů (např. Herz č. 7990) se regulační ventil může posouvat do jakékoliv polohy.

V závislosti na připojení řídicího napětí se ventil plynule nastavuje v rozmezí 0-10 V. Tato plynulá regulace znamená, že je možno vyhnout se tlakovým rázům způsobeným náhlým sepnutím, například dvoubodovým ovládáním.

Rozlišujeme mezi proporcionálně působícími regulátory (P-regulátory) a integrálně působícími regulátory (I-regulátory). Existují rovněž regulátory, které mohou pracovat proporcionálně i integrálně (PI-regulátory).



br. 7-14 Schéma zapojení trojbodové regulace



Obr. 7-15 Termický pohon (Herz č. 7990)

7.3 Hydraulické zapojení a dimenzování

Prvořadým cílem vyvážení, ať už v oblasti vytápění nebo chlazení, spočívá v zabezpečení průtoků při jmenovitých podmínkách ve všech tepelných spotřebičích. Kromě toho tlakový rozdíl ve všech okruzích by se měl jen nepatrně měnit a průtoky na rozhraních systémů by měly zůstat kompatibilní.

Hydraulická vazba primého a sekundárního systému se dá realizovat mnoha variantami zapojení. Výběr správné možnosti této vazby závisí na mnoha faktorech. K nim patří mimo jiného použití příslušného systému a zdroj energie potřebný na zásobování teplem.

Pokud je v rozvodní síti tlakový rozdíl mezi přívodním a zpětným potrubím, použije se tlakové připojení. U hydraulicky oddělených rozdělovačů pomocí zásobníku nebo termohydraulického rozdělovače není žádný tlakový rozdíl, jde o beztlakový rozdělovač. Zde se použije beztlakové připojení.

Vysvětlíme si nejdůležitější základní zapojení a uvedeme způsob jejich výpočtu.

ZAPAMATUJTE SI:

Při všech provozních podmínkách musí být k dispozici jmenovitý průtok ve všech částech systému.

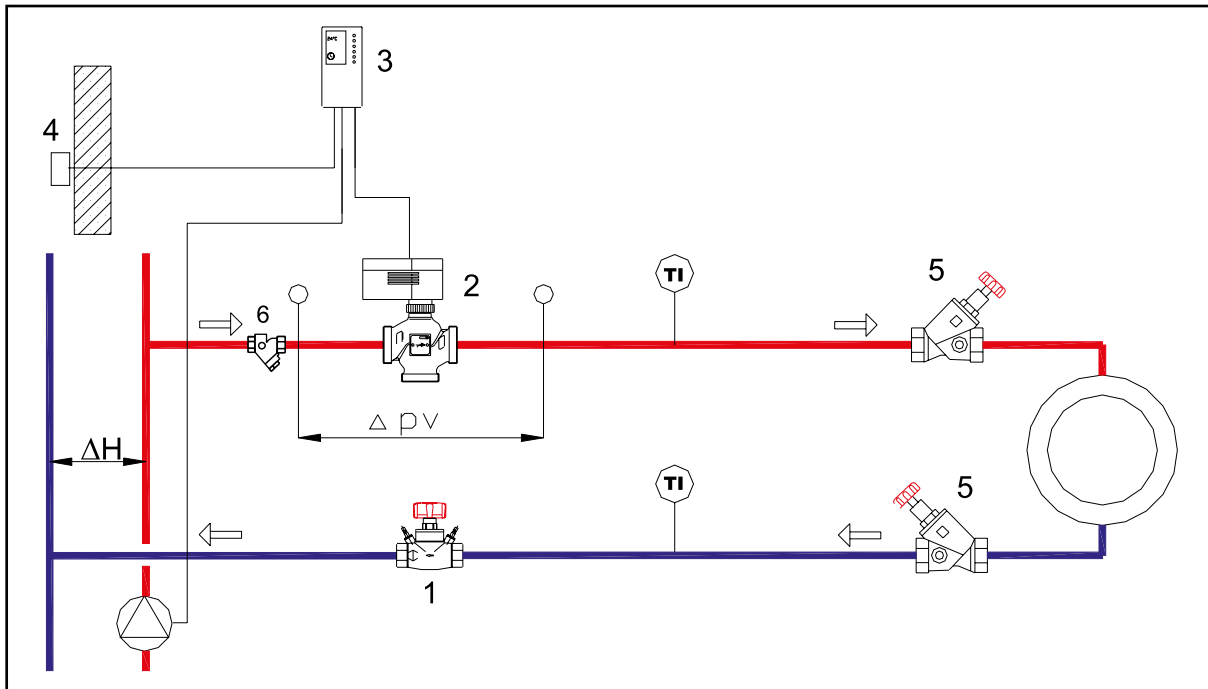
Zapojení Případ použití	Tlakový rozdělovač				Beztlakový rozdělovač	
	škrticí zapojení	obtokové zapojení	vstřikovací zapojení	vstřikovací zapojení	směšovací zapojení	směšovací zapojení
			přímý ventil	trojcestný ventil		
centralizované zásobování teplem	♥					
kondenzační kotle	♥					
systémy s topnými tělesy			♥	♥	♥	
podlahové vytápění			♥			
nízkoteplotní systémy			♥	♥		
NT systém připojený na konvenční rozdělovač			♥			♥
ohřívač vzduchu		♥	♥		♥	
chladič		♥				
zónová regulace	♥	♥				

Obr. 7-16 Výběrová matice

Spínání		Okruh dálkového vytápění		Okruh spotřebičů		Charakteristika
		Zvýšení teploty vratné vytápěcí vody	Hmotnostní tok	Zvýšení teploty vratné vytápěcí vody	Hmotnostní tok	
Tlakově nezávislý rozdělovač	Škrtkící zapojení	ne	variabilní	konstantní	variabilní	ovlivnění dalších spotřebičů
	Obtokové zapojení	ano	konstantní	variabilní	variabilní	žádné ovlivnění dalších spotřebičů
	Vstříkovací zapojení s přímým ventilem	ne	variabilní	konstantní	konstantní	kombinace podlahového topení a vytápění pomocí radiátorů je možná
	Vstříkovací zapojení s 3-cestným ventilem	ano	konstantní	variabilní	konstantní	teplota ventilu vždy na dálkovém topení, dobrá možnost kontroly
Tlakově závislý rozdělovač	Jednoduché směšovací zapojení	ne	variabilní	variabilní	variabilní	teplota ventilu vždy na dálkovém topení, dobrá možnost kontroly
	Dvojité směšovací zapojení	ne	variabilní	variabilní	konstantní	kombinace podlahového topení a vytápění pomocí radiátorů je možná

Obr. 7-17 Přehled zapojení

7.3.1 Škrticí zapojení



Obr. 7-17 Škrticí zapojení

1	Větvový vyvažovací ventil	4217
2	Regulační ventil s pohonem	4037+7712
3	Regulátor topení	7793
4	Snímač teploty	7793
5	Uzavírací ventil	4115
6	Filtr	4111

Znaky

Je potřebný tlakový rozdíl. Průtok vody je na primární a sekundární straně proměnlivý. Teplota na primární straně je proměnlivá, na sekundární straně konstantní. Regulace výkonu se provádí změnou průtoku.

Výhody

Vzniká velký teplotní spád, toto zapojení je proto vhodné pro kondenzační kotly a centralizované zásobování teplem.

Nevýhody

Pokud je v potrubní síti několik škrticích okruhů, změna zdvihu ventilu a výsledná změna tlaku posunou provozní bod čerpadla. Změna diferenčního tlaku, která se vyskytne, ovlivňuje jednotlivé spotřebitele.

Použití

- při rozvodu ze soustav centralizovaného zásobování teplem,
- při připojení na vyrovnávací zásobníky,
- při připojení sekundární sítě na kondenzační kotly,
- pro zónovou regulaci v systémech s článkovými otopnými tělesy a systémech podlahového vytápění s regulovanou teplotou přívodní vody v závislosti na venkovní teplotě,
- pro malé dohříváče a chladiče vzduchu všech velikostí

Vyvažovací ventil ve zpětném potrubí slouží na přizpůsobení se tlakovému rozdílu a omezení průtoku.

Při tomto způsobu hydraulického zapojení se přizpůsobení výkonu realizuje škrcením objemového průtoku. V tomto případě regulační ventily přebírají úlohu změny objemového průtoku v regulačním obvodu, aby tak např. ovlivnily tepelný výkon výměníku tepla.

Zapojení škrcením nachází využití všude tam, kde se požadují nízké teploty zpětné vody a proměnlivé objemové průtoky. Termické chování se vyznačuje klesajícími teplotami zpětné vody při snižující se zátěži.

Konvence pojmenování

Následující konvence pojmenování se vztahují na všechna schémata a příklady výpočtu:

			t_R	[°C]	Teplota vratné vody
			t_P	[°C]	Teplota přívodní vody v primárním okruhu
Δp_L	[kPa]	Tlaková ztráta spotřebiče	ΔH	[kPa]	Diferenční tlak na rozdělovač
Δp_V	[kPa]	Tlaková ztráta regulačního ventilu	Δp_{mv}	[kPa]	Diferenční tlak v okruhu s proměnlivým průtokem
Δp_{CRV}	[kPa]	Tlaková ztráta vyvažovacího ventilu	(Pokud existuje několik vestavěných částí stejného typu, provede se indexování)		
Δp_{ab}	[kPa]	Tlaková ztráta uzavíracího ventilu	Základní informace o výpočtu:		
$\Delta p_{Strainer}$	[kPa]	Tlaková ztráta filtru	Na výpočet hydraulických obvodů se používají pouze zabudované části (regulační a vyvažovací ventily), protože ztráty v potrubích (v důsledku krátké délky vedení) jsou na rozdíl od vestavěných částí prakticky zanedbatelné.		
q_p	[l/h]	Objemový průtok v primárním okruhu	Autorita ventilu podle definice:		
q_s	[l/h]	Objemový průtok v sekundárním okruhu	$a = \frac{p_V}{p_{mv} + p_V}$		
t_v	[°C]	Teplota přívodní vody v sekundárním okruhu			

Příklad: Dimenzování škrticího zapojení

Vstupní parametry:	$Q = 70 \text{ kW}$	Hledáme:	- minimální diferenční tlak
	$t_V = 90 \text{ °C}$		- výběr regulačního ventilu
	$t_R = 50 \text{ °C}$		- výběr vyvažovacího ventilu
	$\Delta p_L = 10 \text{ kPa}$		
	$\Delta H = 30 \text{ kPa}$		

$$Q = q_S \cdot (t_V - t_R) \rightarrow q_S = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)} \quad \text{cvoda} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$$

$$q_S = \frac{70}{4,19 \cdot (90 - 50)} \cdot 3600$$

$$q_S = 1504 \text{ l/h}$$

Na fungování škrticího zapojení se kromě jiného kladou na systém dva požadavky.

Požadavek 1: $\Delta p_V \geq \Delta p_L$ Diferenční tlak na regulačním ventilu musí být větší nebo roven rozdílu tlaku na spotřebiči!

Požadavek 2: $\Delta H \geq \Delta H_{min}$ Diferenční tlak na rozvaděči musí být větší nebo roven minimálnímu požadovanému diferenčnímu tlaku!

Krok 1: Výpočet minimálního použitelného diferenčního tlaku: ΔH_{min}

$$\Delta H_{min} = \Delta p_{vmin} + \Delta p_L + \Delta p_{CCV} + 2 \cdot \Delta p_{Ab} + \Delta p_{strainer}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 10 \text{ kPa (ve smyslu požadavku 1)}$$
$$\Delta p_L = 10 \text{ kPa (podle zadání)}$$

Údaje výrobce:

$$\Delta p_{CCV} = 3 \text{ kPa}$$
$$\Delta p_{Ab} = 0.7 \text{ kPa}$$
$$\Delta p_{Strainer} = 1.2 \text{ kPa}$$

Minimální tlaková ztráta navrhovaného vyvažovacího ventilu by měla být $\Delta p_{CCV} = 3 \text{ kPa}$.
Tlakové ztráty uzavíracího ventilu (HERZ č. 4115) a filtru (HERZ č. 4111) se vztahují na rozměry DN 25

Proto platí: $\Delta H_{min} = 10 + 10 + 3 + 2 \cdot 0.7 + 1.2 = 25.6 \text{ [kPa]}$

Požadavek 2 je splněný: $\Delta H \geq \Delta H_{min}$
 $30 \text{ kPa} \geq 25.6 \text{ kPa}$

Krok 2: Výběr regulačního ventilu přes hodnotu k_{vs}

$$k_v = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 10 \text{ kPa} = 0.1 \text{ bar}$$
$$q_s = 1504 \text{ l/h} = 1.504 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k_v :

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}} = \frac{1504}{\sqrt{0.1}} = 475$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventily (Herz č. 4037) DN 15 ($k_{vs} = 4,0$) nebo DN 20 ($k_{vs} = 6,3$).

Poznámka: Na dosažení požadované tlakové ztráty je vhodnější zvolit menší hodnotu k_{vs} ventilu!

při DN 15: $k_{vs} = 4.0$

$$\Delta p_V = \left(\frac{q_s}{K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{1504}{40} \right)^2 = 0.141 \text{ bar} = 14.1 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 je splněný: $\Delta p_V \geq \Delta p_L$
 $14.1 \text{ kPa} \geq 10 \text{ kPa}$

při DN 20: $k_{vs} = 6.3$

$$\Delta p_V = \left(\frac{1504}{63} \right)^2 = 0.057 \text{ bar} = 5.7 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 při DN 20 by nebyl splněný!
Může být tedy stanovený regulační ventil DN 15 ($k_{vs} = 4,0$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{14,1}{30} = 0,47$$

Poznámka: Autorita ventilu musí být v rozmezí hodnot 0,25 a 0,75, resp. Nesmí být nižší než 0,25, v opačném případě bude systém nestabilní.

Krok 3: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu

Snížený diferenční tlak Δp_{SRV} a hodnota k_v vyvažovacího ventilu se stanoví:

$$\Delta p_{SRV} = \Delta H - (\Delta p_V + \Delta p_L)$$

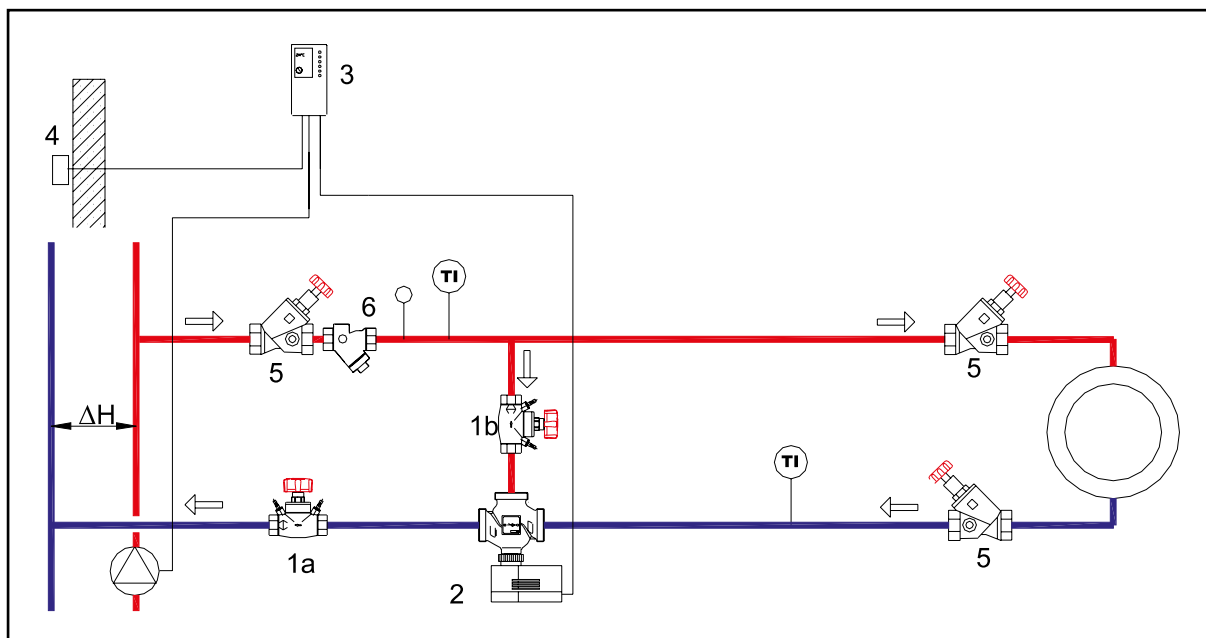
$$\Delta p_{SRV} = 30 - (14,1 + 10) = 5,9 \text{ kPa} = 0,059 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV} = \frac{q_S}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{1504}{\sqrt{0,059}} = 6,2$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 25 ($k_{vs} = 9,22$) a přednastavení ventilu na hodnotu 5,1.

Poznámka: Rozměr potrubí systému závisí kromě jiného na materiálu potrubí a přípustném tření potrubí.

7.3.2 Obrácené zapojení (rozdělovací zapojení)



Obr. 7-19 Obrácené zapojení

1	Větvový vyvažovací ventil	4217
2	Regulační ventil s pohonem	4037+7712
3	Regulátor topení	7793
4	Snímač teploty	7793
5	Uzavírací ventil	4115
6	Filtr	4111

Znaky

Potřebný je tlakový rozdíl. Průtok vody je na primární a sekundární straně proměnlivý. Teplota na primární straně je proměnlivá, na sekundární straně konstantní. Regulace výkonu se uskutečňuje změnou průtoku.

Výhody

Vzniká velký teplotní spád, toto zapojení je proto vhodné pro kondenzační kotle a centralizované zásobování teplem.

Nevýhody

Při více škrticích zapojeních v potrubní síti se změnou zdvihu posouvá pracovní bod čerpadla. Vznikající změna tlakového rozdílu vede k ovlivňování jednotlivých spotřebičů.

Použití

- při rozvodu ze soustav centralizovaného zásobování teplem,
- při připojení na vyrovnávací zásobníky,
- při připojení sekundární sítě na kondenzační kotle
- pro zónovou regulaci v systémech s článkovými otopnými tělesy a systémech podlahového vytápění s regulovanou teplotou přívodní vody v závislosti na venkovní teplotě
- pro malé dohříváče a chladiče vzduchu všech velikostí.

Vyvažovací ventil ve zpětném potrubí slouží k přizpůsobení se tlakovému rozdílu a omezení průtoku.

Při tomto způsobu hydraulického zapojení se přizpůsobení výkonu realizuje škrcením objemového průtoku. V tomto případě regulační ventily přebírají úlohu změny objemového průtoku v regulačním obvodu, aby tak např. ovlivnili regulační výkon výměníku tepla.

Zapojení škrcením nachází použití všude tam, kde se požadují nízké teploty zpětné vody a proměnlivé objemové průtoky. Termické chování se vyznačuje klesajícími teplotami zpětné vody při snižující se zátěži.

Příklad: Dimenzování obráceného zapojení

Vstupní parametry: $Q = 40 \text{ kW}$
 $t_V = 6 \text{ °C}$
 $t_R = 12 \text{ °C}$
 $\Delta p_L = 25 \text{ kPa}$
 $\Delta H = 70 \text{ kPa}$

Hledáme: - minimální diferenční tlak
 - výběr regulačního ventilu
 - výběr vyvažovacího ventilu

$$c_{\text{voda}} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$$

$$\boxed{Q = q_S \cdot (t_V - t_R)} \quad \rightarrow \quad q_S = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_S = \frac{40}{419 \cdot (12 - 6)} \cdot 3600$$

$$q_S = 5730 \text{ l/h}$$

Na fungování obráceného zapojení se kromě jiného kladou na systém dva požadavky.

Požadavek 1: $\Delta p_V \geq \Delta p_L$ Diferenční tlak na regulačním ventilu musí být větší nebo roven rozdílu tlaku na spotřebiči!

Požadavek 2: $\Delta H \geq \Delta H_{min}$ Diferenční tlak na rozvaděči musí být větší nebo roven minimálnímu požadovanému diferenčnímu tlaku!

Krok 1: Výpočet minimálního použitelného diferenčního tlaku ΔH_{min}

$$\Delta H_{min} = \Delta p_{Vmin} + \Delta p_L + \Delta p_{CCV} + 2 \cdot \Delta p_{Ab} + \Delta p_{Strainer}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 25 \text{ kPa (ve smyslu požadavku 1)}$$

$$\Delta p_L = 25 \text{ kPa (podle zadání)}$$

Údaje výrobce:

$$\Delta p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$$

$$\Delta p_{Ab} = 1.2 \text{ kPa}$$

$$\Delta p_{Schmu} = 0.8 \text{ kPa}$$

Minimální tlaková ztráta navrhovaného vyvažovacího ventilu by měla být $\Delta p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$.
Tlakové ztráty uzavíracího ventilu (HERZ č. 4115) a filtru (HERZ č. 4111) se vztahují na rozměry DN 40.

$$\text{Proto platí: } \Delta H_{min} = 25 + 25 + 3 + 2 \cdot 1.2 + 0.8 = 56.2 \text{ [kPa]}$$

Požadavek 2 je splněný: $\Delta H \geq \Delta H_{min}$
 $70 \text{ kPa} \geq 56.2 \text{ kPa}$

Krok 2: Výběr regulačního ventilu přes hodnotu k_{vs}

$$k_V = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 25 \text{ kPa} = 0.25 \text{ bar}$$

$$q_s = 5\,730 \text{ l/h} = 5.730 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k_v :

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{5\,730}{\sqrt{0.25}} = 11\,46$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventily (Herz Nr. 4037) DN 25 ($k_{vs} = 10,0$) nebo DN 32 ($k_{vs} = 16$).

Poznámka: Na dosažení požadované tlakové ztráty ventilu je vhodnější zvolit menší hodnotu k_{vs} ventilu!

při DN 25: $k_{vs} = 10.0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{K_{V_s}} \right)^2 = \left(\frac{5\,730}{10.0} \right)^2 = 0.328 \text{ bar} = 32.8 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 je splněný! $\Delta p_V \geq \Delta p_L$
 $32.8 \text{ kPa} \geq 25 \text{ kPa}$

při DN 32: $k_{vs} = 16$

$$\Delta p_v = \left(\frac{5\,730}{160} \right)^2 = 0\,128 \text{ bar} = 12\,8 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 při DN 32 by nebyl splněný!

Může být tedy stanoven regulační ventil DN 25 ($k_{vs} = 10,0$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_L + \Delta p_v} = \frac{32\,8}{25 + 32\,8} = 0\,57$$

Poznámka: Autorita ventilu musí být v rozmezí hodnot 0,25 až 0,75, resp. nesmí být nižší než 0,25, v opačném případě bude systém nestabilní.

Krok 3: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu ve vratném potrubí

Snížený diferenční tlak Δp_{SRV} a hodnota k_v vyvažovacího ventilu se stanoví:

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - (\Delta p_v + \Delta p_L + \Delta p_{Schmu})$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 70 - (32\,8 + 25 + 0\,8) = 11\,4 \text{ kPa} = 0,114 \text{ bar}$$

$$k_{v, SRV1a} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{5\,730}{\sqrt{0\,114}} = 17\,0$$

Poznámka: Rozměr potrubí systému závisí kromě jiného na materiálu potrubí a přípustném tření potrubí.

Krok 4: Dimenzování vyvažovacího ventilu v obtoku

V případě, že spotřebič nepotřebuje žádnou energii nebo neposkytuje žádnou energii, celý průtok se vede obtokem.

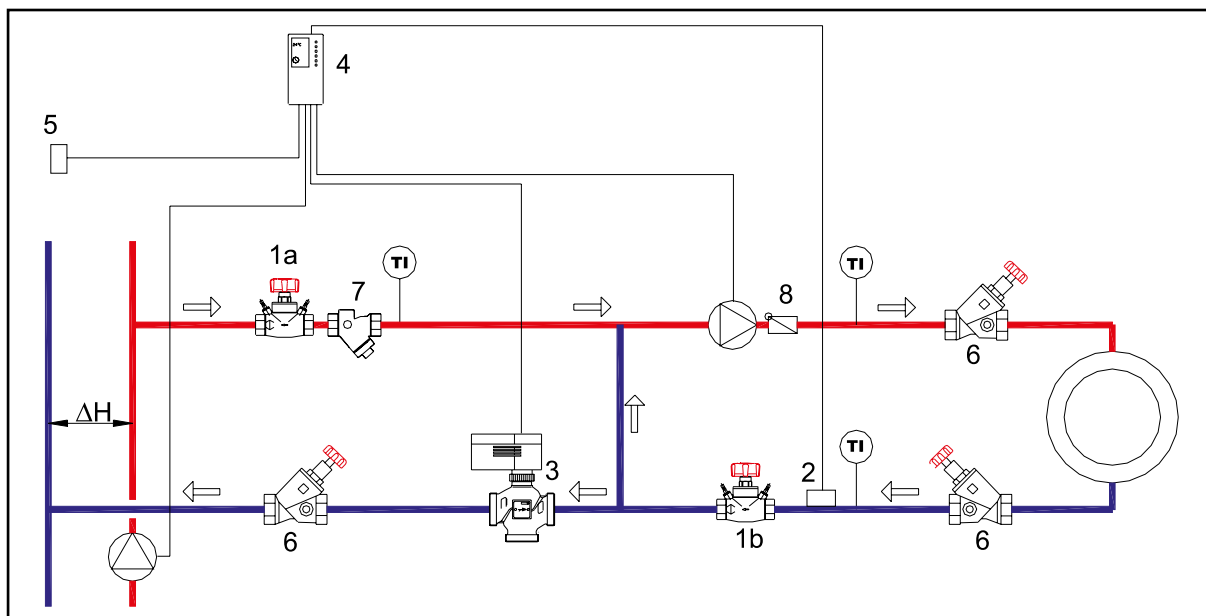
Požadavek 3: $\Delta p_{SRV1b} = \Delta p_L$

Požadavek 4: $q_{Bypass} = q_s$

$$k_{v, SRV1b} = \frac{q_{Bypass}}{\sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{5\,730}{\sqrt{0\,25}} = 11\,46$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 40 ($k_{vs} = 23,3$) a přednastavení ventilu na hodnotu 4,0.

7.3.3 Vstřikovací zapojení s přímým ventilem



Obr. 7-20 Vstřikovací zapojení s přímým ventilem

1	Větvový vyvažovací ventil	4217
2	Příložný snímač teploty	7793
3	Regulační ventil s pohonem	4037+7712
4	Regulátor topení	7793
5	Snímač teploty	7793
6	Uzavírací ventil	4115
7	Filtr	4111
8	Zpětný ventil	2622

Znaky:

Potřebný je tlakový rozdíl.

Průtok vody na primární straně je proměnlivý a na sekundární straně konstantní. Teplota je u spotřebiče proměnlivá.

Výhody:

Zapojení je vhodné pro systémy s nízkými teplotami zpětné vody (centralizované zásobování teplem, kondenzační kotle). Umožňuje rozdílné teplotní úrovně pro primární a sekundární (např. 90 °C/45 °C).

Příklad: Dimenzování vstřikovacího zapojení s přímým ventilem

Vstupní parametry: $Q = 25 \text{ kW}$ $t_V = 45^\circ\text{C}$ $t_R = 35^\circ\text{C}$ $\Delta H = 25 \text{ kPa}$ $\Delta t_{\text{primár}} = 70^\circ\text{C}$	Hledáme: - výběr regulačního ventilu - výběr vyvažovacího ventilu - diferenční tlak
--	---

Primární strana:

$$q_p = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)} = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (70 - 35)} = 614 \text{ l/h}$$

Sekundární strana:

$$q_s = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)} = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (45 - 35)} = 2148 \text{ l/h}$$

Pro fungování vstřikovacího zapojení je stanoven následující požadavek:

Požadavek 1: $\Delta p_v \geq \Delta H$ Diferenční tlak před regulačním ventilem musí být větší nebo roven diferenčnímu tlaku před rozdělovačem.

Krok 1: Výběr regulačního ventilu přes hodnotu k_{vs}

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{614}{100 \sqrt{25}} = 1,2$$

$$\Delta p_{v,min} = 25 \text{ kPa} = 0,25 \text{ bar (ve smyslu požadavku 1)}$$

$$q_p = 614 \text{ l/h} = 0,614 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k_v :

$$k_{v,theo} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{0,614}{\sqrt{0,25}} = 1,2$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventil (Herz 7760)

DN 10 ($k_{vs} = 1,0$) nebo DN 10 ($k_{vs} = 1,6$) ze stejné řady.

V tomto případě je větší hodnota lepší. Zbytkový diferenční tlak bude odbourán pomocí druhého vyvažovacího ventilu.

při DN 10: $k_{vs} = 1,6$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{100 \cdot K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{614}{100 \cdot 1,6} \right)^2 = 14,7 \text{ kPa}$$

Může být tedy stanoven regulační ventil DN 10 ($k_{vs} = 1,6$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{14,7}{25} = 0,59$$

Poznámka: Autorita ventilu musí být v rozmezí hodnot 0,25 až 0,75, resp. nesmí být nižší než 0,25, v opačném případě bude systém nestabilní.

Krok 2: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu v přívodním potrubí Snížený diferenční tlak Δp_{SRV1} a hodnota k_v - vyvažovacího ventilu se stanoví:

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_{Ab}$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 25 - 14,7 - 0,7 = 9,6 \text{ kPa} = 0,096 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{0,614}{\sqrt{0,096}} = 2,0$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 15 ($k_{vs} = 6,05$) a přednastavení ventilu 2,6

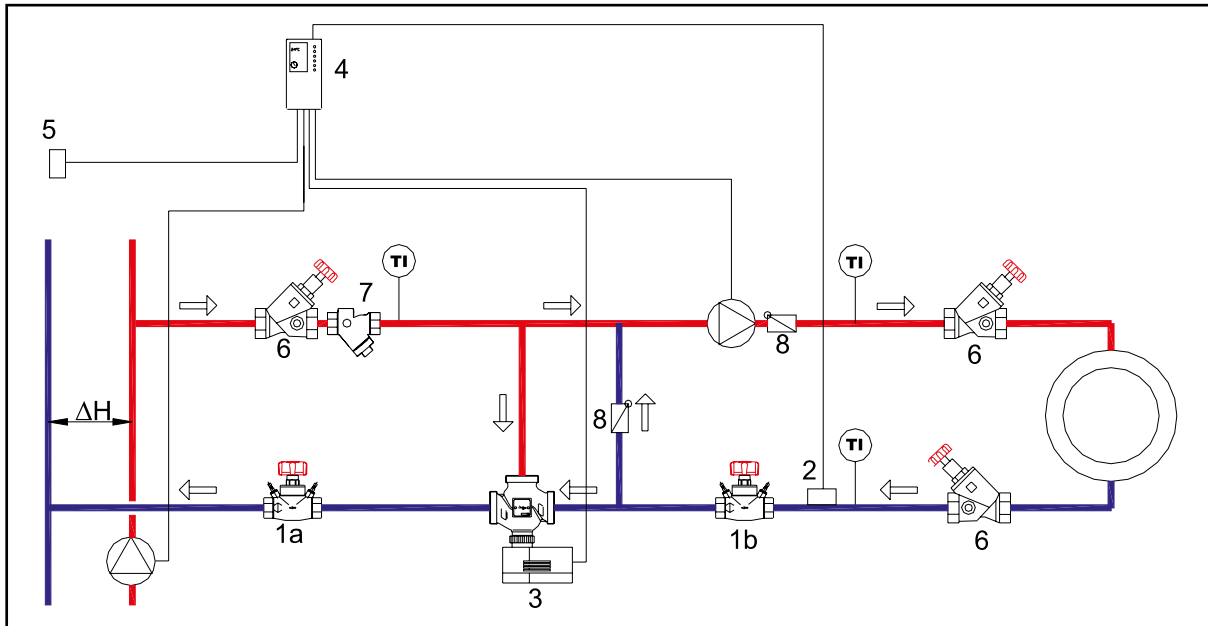
Krok 3: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu ve vratném potrubí Tlakovou ztrátu ventilu je možno stanovit na 3 kPa. Potom výsledná hodnota k bude:

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{2148}{100 \cdot \sqrt{3}} = 12,4$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 32 ($k_{vs} = 18,83$) a přednastavení ventilu je 5,6.

Poznámka: Rozměr potrubí systému závisí kromě jiného na materiálu potrubí a přípustném tření potrubí.

7.3.4 Vstřikovací zapojení s trojcestným ventilem



Obr. 7-21 Vstřikovací zapojení s trojcestným ventilem

1	Větvový vyvažovací ventil	4217
2	Příložný snímač teploty	7793
3	Směšovací ventil s pohonem	4037+7712
4	Regulátor topení	7793
5	Snímač teploty	7793
6	Uzavírací ventil	4115
7	Filtr	4111
8	Zpětný ventil	2622

Znaky

Potřebný je tlakový rozdíl.

Průtok vody je na primární a sekundární straně konstantní. Teplota na sekundární straně je proměnlivá.

Výhody

Konstantním objemovým průtokem na sekundární straně se dosahuje výborné regulační schopnosti. Autorita je téměř 1, protože úsek s proměnlivým průtokem má téměř nulovou tlakovou ztrátu. Velmi malé je dopravní zpoždění, pokud je stále k dispozici horká voda. Je možné spojit rozdílné tepelné úrovně.

Nevýhody

Teplota zpětné vody je trvale zvýšená, proto zapojení není vhodné pro centralizované zásobování teplem a kondenzační kotle.

Použití

- systémy s otopnými tělesy
- nízkoteplotní vytápění
- ohřívače vzduchu
- podlahové vytápění

Výhody tohoto zapojení jsou v malém nebo poměrně eliminovaném dopravním zpoždění, pokud je na regulačním ventilu trvale k dispozici horká voda.

Tato vlastnost se využívá při montáži ohřívačů vzduchu, kde se rychle spotřebuje velké množství energie. Další, výše již zmiňovaná výhoda je autorita ventilu, která je téměř 1, protože v úseku s proměnlivým průtokem není skoro žádný odpor.

Při tomto zapojení je rovněž možno pracovat s rozdílnými teplotami v primárním a sekundárním okruhu.

Příklad: Dimenzování vstřikovacího zapojení s trojcestným ventilem

Vstupní parametry:	$Q = 90 \text{ kW}$ $t_V = 75^\circ\text{C}$ $t_R = 55^\circ\text{C}$ $\Delta H = 40 \text{ kPa}$ $T_{\text{primár}} = 90^\circ\text{C}$	Hledáme:	- výběr regulačního ventilu - výběr vyvažovacího ventilu - diferenční tlak
---------------------------	--	-----------------	--

Primární strana:

$$q_p = \frac{Q}{c \cdot (t_P - t_R)}$$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{90}{419 \cdot (90 - 55)} = 2209 \text{ l/h}$$

Sekundární strana:

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{90}{419 \cdot (75 - 55)} = 3866 \text{ l/h}$$

Pro fungování vstřikovacího zapojení je stanoven následující požadavek:

Požadavek 1: $\Delta p_{pv} > 3 \text{ kPa}$ Diferenční tlak přes regulační ventil musí být větší nebo roven diferenčnímu tlaku přes vyvažovací ventil ve vratném potrubí (min. 3 kPa pevně nastavený)

Krok 1: Výběr regulačního ventilu přes hodnotu k_{vs}

$$k_v = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}}$$

$\Delta p_{v, \min} = 3 \text{ kPa} = 0,03 \text{ bar}$ (ve smyslu požadavku 1)

$q_p = 2209 \text{ l/h} = 2,209 \text{ m}^3/\text{h}$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k :

$$k_{v, \text{theo}} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}} = \frac{2209}{\sqrt{0,03}} = 12,8$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventil (Herz 4037) DN 25 ($k_{vs} = 10,0$) nebo DN32 ($k_{vs} = 16,0$).

Poznámka: Na dosažení požadované ztráty tlaku se zpravidla vybere menší hodnota k_{vs} .

při DN 25: $k_{vs} = 10,0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{Kv_s} \right)^2 = \left(\frac{2209}{10} \right)^2 = 0,049 \text{ bar} = 4,9 \text{ kPa}$$

Navrhnutý může být regulační ventil DN 25 ($k_{vs} = 10,0$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V} = \frac{4,9}{4,9} = 1$$

protože úsek s proměnlivým průtokem je omezený na obtok!

Poznámka: Autorita ventilu musí být v rozmezí hodnot 0,25 až 0,75, resp. nesmí být nižší než 0,25, v opačném případě bude systém nestabilní.

Krok 2: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu ve vratném potrubí (1a, obr. 7-21)

Snížený diferenční tlak Δp_{SRV1} a hodnota k_v vyvažovacího ventilu se stanoví

$$\Delta p_{SRV1} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_{Ab} - \Delta p$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 40 - 4,9 - 1,2 - 0,8 = 33,1 \text{ kPa} = 0,331 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{1a}}} = \frac{2209}{\sqrt{0,331}} = 3,8$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 32 ($k_{vs} = 18,83$) a přednastavení ventilu je 2,7.

Krok 3: Výběr a stanovení vyvažovacího ventilu ve vratném potrubí (1b, obr. 7-21)

Tlakovou ztrátu ventilu je možno stanovit na 3 kPa. Potom výsledná hodnota k_v bude:

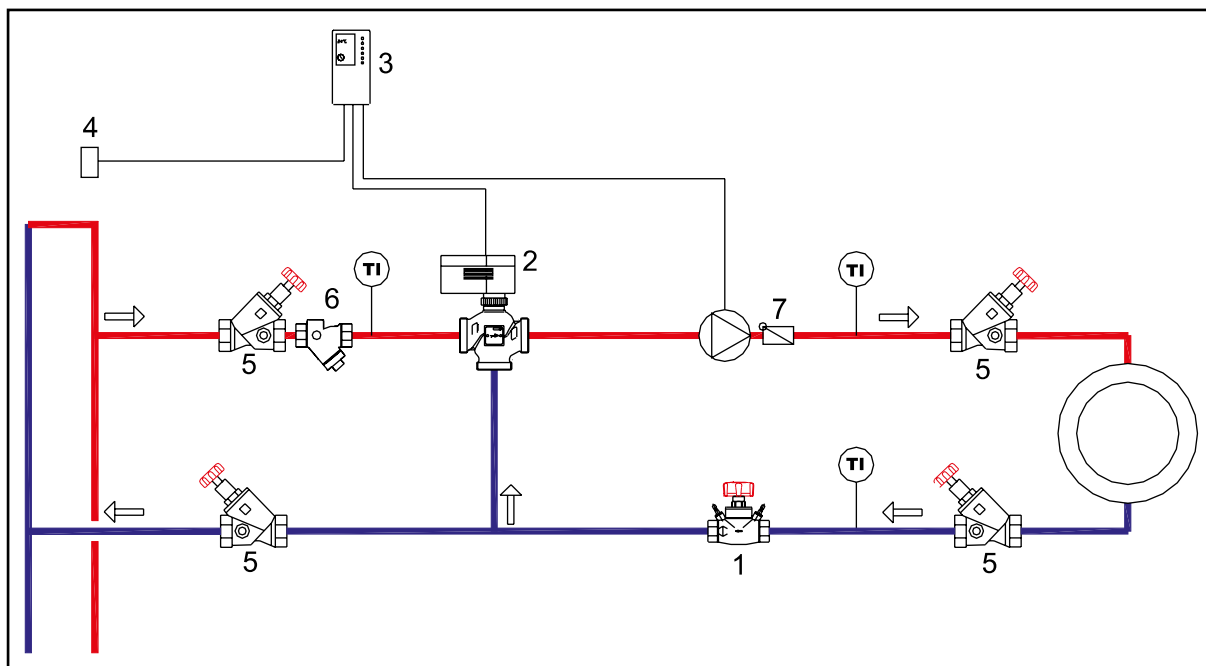
$$k_{v,1b} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{1b}}} = \frac{3866}{\sqrt{0,03}} = 22,3$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 50 ($k_{vs} = 35,26$) a přednastavení ventilu je 4,0.

Poznámka: Rozměr potrubí systému závisí kromě jiného na materiálu potrubí a přípustném tření potrubí

Potrubí v obtoku musí být dimenzované tak velké, aby bylo schopno absorbovat celé množství vody od spotřebitele.

7.3.5 Směšovací zapojení



Obr. 7-22 Směšovací zapojení

1	Větvojvý vyvažovací ventil	4217
2	Trojcestný ventil s pohonem	4037+7712
3	Regulátor topení	7793
4	Snímač teploty	7793
5	Uzavírací ventil	4115
6	Filtr	4111
7	Zpětný ventil	2622
8	Snímač teploty vody	7793

Znaky

Nepřipouští se žádný tlakový rozdíl. Průtok vody na primární straně je proměnlivý, na sekundární straně konstantní. Teplota na sekundární straně je proměnlivá.

Výhody

Konstantní objemovým průtokem na sekundární straně se dosahuje výborná regulační schopnost.

Autorita při připojení na beztlakový rozdělovač je téměř 1.

Nevýhody

Teplotní úroveň na primární a sekundární straně se nesmí příliš lišit. To znamená, že není možno propojit nízkoteplotní systém se systémem s konvenční teplotou. Na primární straně není povolený žádný tlakový rozdíl.

Použití

- systémy s otopným tělesem
- ohříváče vzduchu

Toto hydraulické zapojení pracuje na rozdíl od obtokového zapojení s proměnlivým průtokem vody na primární straně a konstantním průtokem topné látky v sekundárním okruhu. Při regulaci jde ve směšovacím zapojení pro spotřebič o regulaci s proměnlivou teplotou a konstantním průtokem. Tato forma hydraulického zapojení je v topné technice nejvíce rozšířená, protože se dá velmi jednoduše realizovat. Vyvažovací ventil ve zpětném potrubí slouží k omezení průtoku.

Příklad: Dimenzování směšovacího zapojení

Vstupní parametry: $Q = 20 \text{ kW}$
 $t_V = 80 \text{ °C}$
 $t_R = 60 \text{ °C}$
 $\Delta p_L = 25 \text{ kPa}$

Hledáme: - výběr regulačního ventilu
 - výběr vyvažovacího ventilu
 - diferenční tlak

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{20}{4.19 \cdot (80 - 60)} = 860 \text{ l/h}$$

Pro fungování směšovacího zapojení je stanoven následující požadavek:

Požadavek 1: $\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$

Krok 1: Výběr regulačního ventilu pomocí hodnoty k_{vs}

$$k_v = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}}$$

$\Delta p_{v, \min} = 3 \text{ kPa} = 0.03 \text{ bar}$ ((ve smyslu požadavku 1)
 $q_s = 860 \text{ l/h} = 0.860 \text{ m}^3/\text{h}$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k_v :

$$k_{v, \text{theo}} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}} = \frac{0.860}{\sqrt{0.03}} = 5.0$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventil (Herz 4037) DN 15 ($k_{vs} = 4.0$) nebo DN 20 ($k_{vs} = 6.3$).

Poznámka: Na dosažení požadované ztráty tlaku se zpravidla vybírá menší hodnota k .

při DN 15: $k_{vs} = 4.0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{Kv_s} \right)^2 = \left(\frac{0.860}{4.0} \right)^2 = 0.0462 \text{ bar} = 4.62 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 je splněný!

$$\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$$

při DN 20: $k_{vs} = 6.3$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{Kv_s} \right)^2 = \left(\frac{0.860}{6.3} \right)^2 = 0.0186 \text{ bar} = 1.86 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 by při DN 20 nebyl splněný!

Navržený může být regulační ventil DN 15 ($k_{vs} = 4,0$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_{Strainer} + 2 \cdot \Delta p_{Ab}} = \frac{4,62}{4,62 + 1,3 + 2 \cdot 0,7} = 0,63$$

Tlakové ztráty uzavíracích ventilů (Herz 4115) a filtru (Herz 4111) se vztahují na rozměr DN 20. Tlakovou ztrátu trojcestného ventilu musí zabezpečit oběhové čerpadlo.

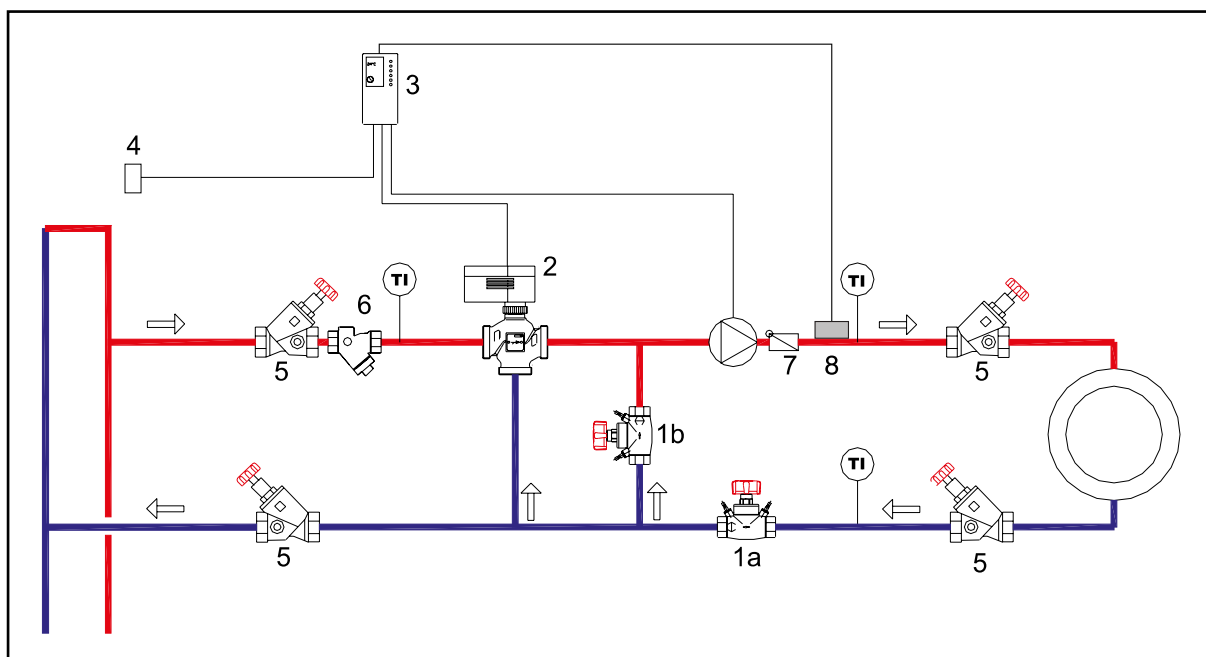
Krok 2: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu ve vratném potrubí.

Protože v předcházejícím kroku byla tlaková ztráta nastavená na 3 kPa, je hodnota k_v :

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{0,860}{\sqrt{0,03}} = 5,0$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 20 ($k_{vs} = 4,98$) a přednastavení ventilu je 3,7.

7.3.6 Dvouokruhové směšovací zapojení



Obr. 7-23 Dvouokruhové směšovací zapojení

1	Větvový vyvažovací ventil	4217
2	Směšovací ventil s pohonem	4037+7712
3	Trojcestný ventil s pohonem	7793
4	Snímač teploty	7793
5	Uzavírací ventil	4115
6	Filtr	4111
7	Zpětný ventil	2622
8	Snímač teploty vody	7793

Znaky

Nepřipouští se žádný tlakový rozdíl.

Přítok vody na primární straně je proměnlivý, na sekundární straně konstantní. Teplota na sekundární straně je proměnlivá.

Výhody

Při připojení na beztlakový rozdělovač nebo rozdělovač s velmi nízkým tlakem je autorita regulačního ventilu téměř 1 (tj. dobrá regulační schopnost). Zapojení se může použít na připojení nízkoteplotního vytápění (např. 90°C/45°C). Má menší dopravní zpoždění.

Nevýhody

Na primární straně není povolený žádný tlakový rozdíl. Při použití tlakového rozdělovače je nutno bezpodmínečně použít „beztlakové“ směšovací zapojení.

Použití

- systémy s otopnými tělesy
- ohřívače vzduchu

Směšovací zapojení s pevným obtokem se uplatňuje v případech, kdy se vyskytují velké rozdíly mezi teplotními úrovněmi v primárním a sekundárním okruhu. Obtok se nachází v sekundárním okruhu před regulačním ventilem. Přes obtok proudí trvalý přítok do zpětné vody nezávisle na poloze trojcestného ventilu.

Použití tohoto zapojení je velmi rozšířené u podlahového vytápění, kondenzačních kotlů, zásobníků a systémů připojených na centralizované zásobování teplem.

Příklad: Dimenzování směšovacího zapojení s pevným obtokem

Vstupní parametry: $Q = 40 \text{ kW}$
 $t_V = 45 \text{ °C}$
 $t_R = 35 \text{ °C}$
 $\Delta p_L = 25 \text{ kPa}$
 $t_{v, \text{primary}} = 90 \text{ °C}$

Hledáme: - výběr regulačního ventilu
 - výběr vyvažovacího ventilu
 - diferenční tlak

Primární strana:

$$q_p = \frac{Q}{c \cdot (t_P - t_R)}$$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{40}{419 \cdot (70 - 35)} = 982 \text{ l/h}$$

Sekundární strana:

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{40}{419 \cdot (45 - 35)} = 3437 \text{ l/h}$$

Požadavek 1: $\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$

Krok 1: Výběr regulačního ventilu pomocí hodnoty k_{vs}

$$k_v = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v,\min}}}$$

$\Delta p_{v,\min} = 3 \text{ kPa} = 0.03 \text{ bar}$ (ve smyslu požadavku 1)

$q_p = 982 \text{ l/h} = 0.982 \text{ m}^3/\text{h}$

Nejprve je nutno vypočítat teoretickou hodnotu k_v :

$$k_{v,\text{theo}} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v,\min}}} = \frac{0.982}{\sqrt{0.03}} = 5.7$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy regulační ventil (Herz 4037) DN 15 ($k_{vs} = 4,0$) nebo DN 20 ($k_{vs} = 6,3$).

Poznámka: Na dosažení požadované ztráty tlaku se zpravidla vybírá menší hodnota.

při DN 15: $k_{vs} = 4.0$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{0.982}{4.0} \right)^2 = 0.06 \text{ bar} = 6 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 je splněný! $\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$

při DN 20: $k_{vs} = 6.3$

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_p}{K_{v_s}} \right)^2 = \left(\frac{0.982}{6.3} \right)^2 = 0.024 \text{ bar} = 2.4 \text{ kPa}$$

Požadavek 1 by při DN 20 nebyl splněný!

Navrhnutý může být regulační ventil DN 15 ($k_{vs} = 4,0$).

Autorita ventilu se stanoví na základě vztahu:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p} = \frac{6.0}{6.0 + 1.3 + 2 \cdot 0.7} = 0.69$$

Tlakové ztráty uzavíracích ventilů (Herz 4115) a filtru (Herz 4111) se vztahují na rozměr DN 20. Tlakovou ztrátu trojcestného ventilu musí zabezpečit oběhové čerpadlo.

Protože v předcházejícím kroku byla tlaková ztráta nastavená na 3 kPa, je hodnota k_v :

Krok 2: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu.

$$k_{v_s} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{3.437}{\sqrt{0.03}} = 19.8$$

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 40 ($k_{vs} = 23.29$) a přednastavení ventilu je 5.3.

Krok 3: Výběr a stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu v obtoku.

Objemový průtok v obtoku vyplývá z:

$$q_{Bypass} = q_S - q_P = 3437 - 982 = 2455 \text{ l/h} = 2455 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\Delta p_{CCV} = 6 \text{ kPa} = 0.06 \text{ bar}$$

$$k_{v, 2} = \frac{q_{Bypass}}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_2}} = \frac{2455}{\sqrt{0.06}} = 10.0$$

$\Delta p_{CCV} = 6 \text{ kPa}$ protože se jedná o tlakovou ztrátu vyvažovacího ventilu a musí se překonat

Na základě typové řady ventilů od výrobce přichází do úvahy vyvažovací ventil (Herz 4217) DN 32 ($k_{vs} = 18,83$) a přednastavení ventilu je 4,9.

7.3.7 Zapojení s hydraulickým rozdělovačem

Možnost hydraulického oddělení okruhu kotle a připojených topných okruhů je zabudování hydraulického rozdělovače.

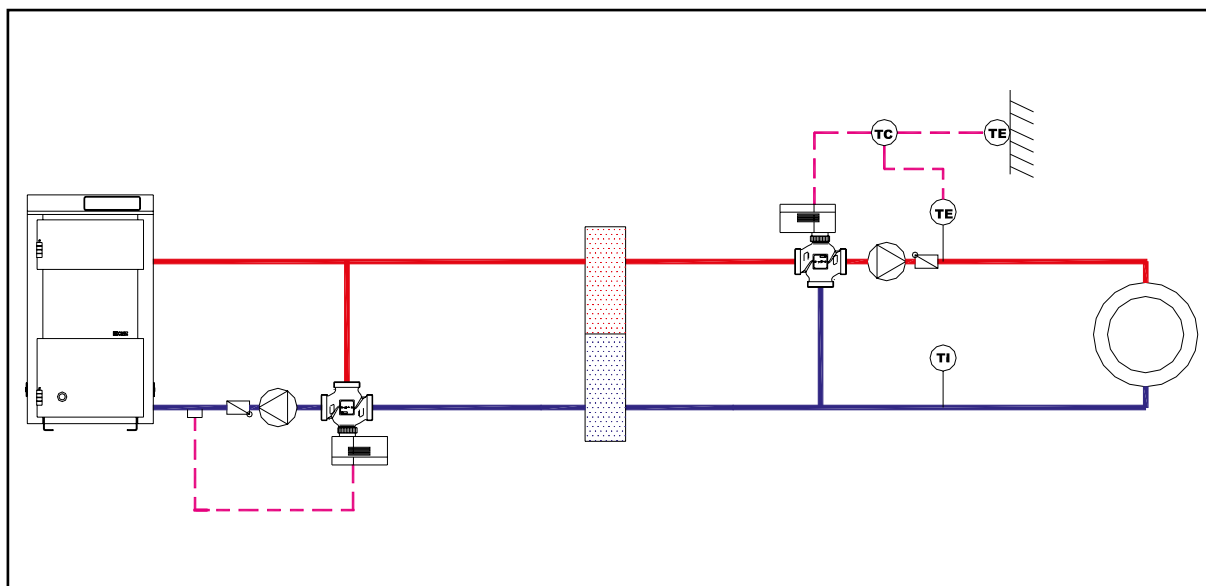
Beztlakovým obtokem, kterým může proudit voda v obou směrech, se dají oba okruhy propojit, aniž by se vzájemně ovlivňovaly.

Působí to příznivě na jednotlivé topné okruhy, jak je možno zjistit z následujících bodů:

- žádné hydraulické ovlivnění mezi kotlem a topným okruhem,
- výroba a rozvod tepla jsou zatěžované pouze přiřazenými průtoky vody,
- regulační systémy kotlových okruhů se vzájemně neovlivňují,

- regulační armatury na obou stranách hydraulického vyrovnávacího potrubí pracují optimálně,
- bezproblémové dimenzování čerpadla a regulačních armatur kotlového okruhu.

Hydraulický rozdělovač se zapojí mezi zdroj tepla a rozdělovač (obr. 7-20). Aby bylo dosaženo termické oddělení přívodní a zpětné vody, je potřeba svislá montážní poloha. Navíc vzdálenost mezi přívodním a zpětným potrubím by měla být minimálně trojnásobkem až čtyřnásobkem průměru potrubí, aby se mohl vytvořit uklidňovací úsek.



Obr. 7-24 Zabudování termohydraulického rozdělovače

Zabudování hydraulického rozdělovače předpokládá správné vyvážení průtoku vody v primárním a sekundárním okruhu (obr. 7-21 nahoře). Jmenovitý průtok vody v primárním okruhu q_p má být roven jmenovitému průtoku vody v sekundárním okruhu q_s .

Ty se vypočítají následovně:

Pro primární okruh

$$q_p = \frac{\Phi_p}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}$$

Pro sekundární okruh

$$q_s = \frac{\Phi_s}{c \cdot (\theta_3 - \theta_4)}$$

kde:

q_p	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	jmenovitý průtok vody primárního okruhu
q_s	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	jmenovitý průtok vody sekundárního okruhu
Φ_p	kW	tepelný výkon výroby tepla (primární)
θ_1	$^{\circ}\text{C}$	teplota přívodní vody zdroje tepla
θ_2	$^{\circ}\text{C}$	teplota zpětné vody zdroje tepla
θ_3	$^{\circ}\text{C}$	teplota přívodní vody spotřebiče tepla
θ_4	$^{\circ}\text{C}$	teplota zpětné vody spotřebiče tepla
Φ_s	kW	tepelný výkon odevzdávání tepla (sekundární)
c	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	specifická tepelná kapacita

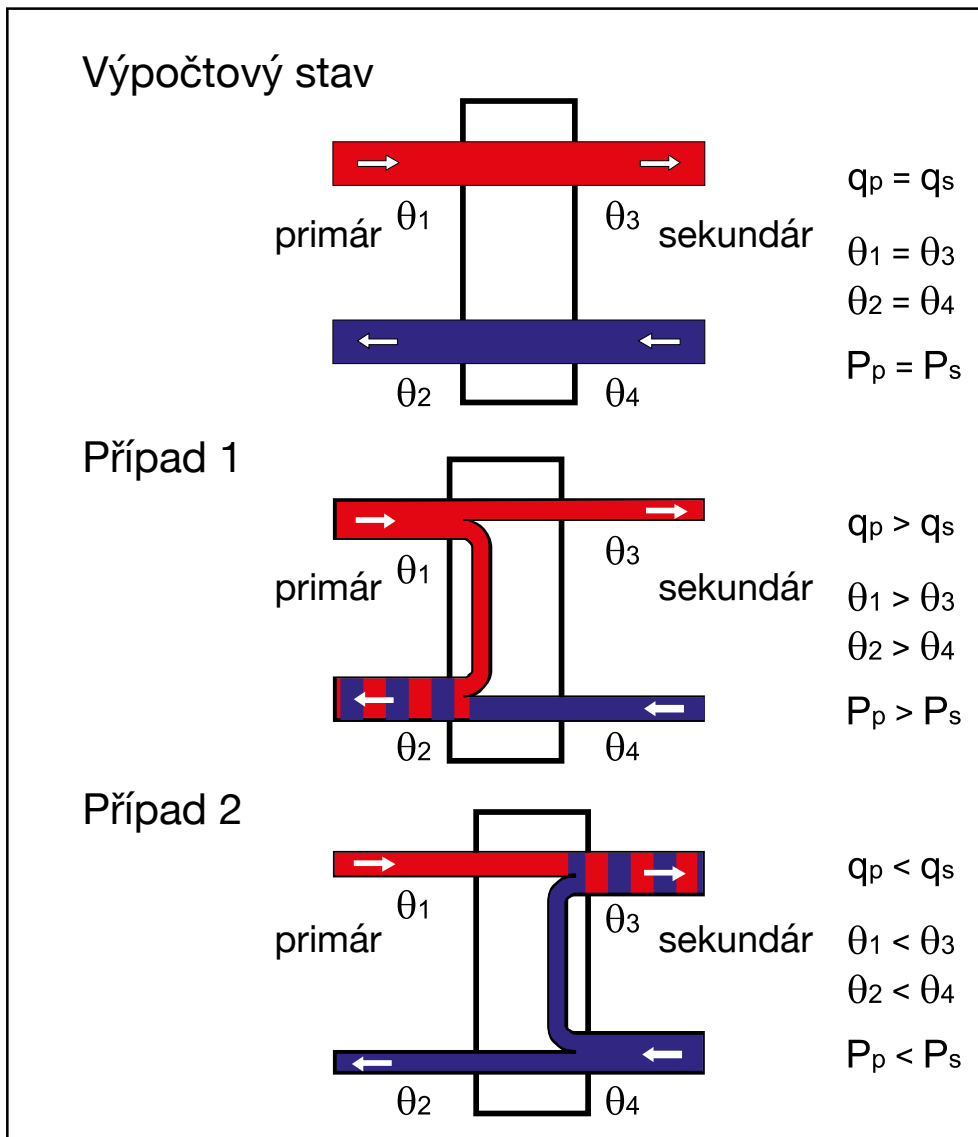
Špatné nebo žádné vyvážení může nevhodně ovlivnit provoz systému vytápění. To je znázorněno na obr. 7-21 dole. Průtok vody v sekundárním okruhu je v tomto případě větší než průtok v primárním okruhu. Zde dochází k přimíchávání méně teplé vody ze zpětného topného potrubí. Tento systém bude způsobovat problémy při plné zátěži, protože vyrobené teplo nebude možno přenést na tepelný spotřebič. Pokud je průtok v primárním okruhu větší než v sekundárním okruhu (obr. 7-21 uprostřed), přimíchávání teplé vody se uskutečňuje z přívodního potrubí zdroje tepla do zpětného potrubí zdroje tepla. To může mít příznivý vliv na provoz, protože tento případ představuje zvýšení teploty zpětné vody.

U tepelných čerpadel se takovému případu musí zamezit.

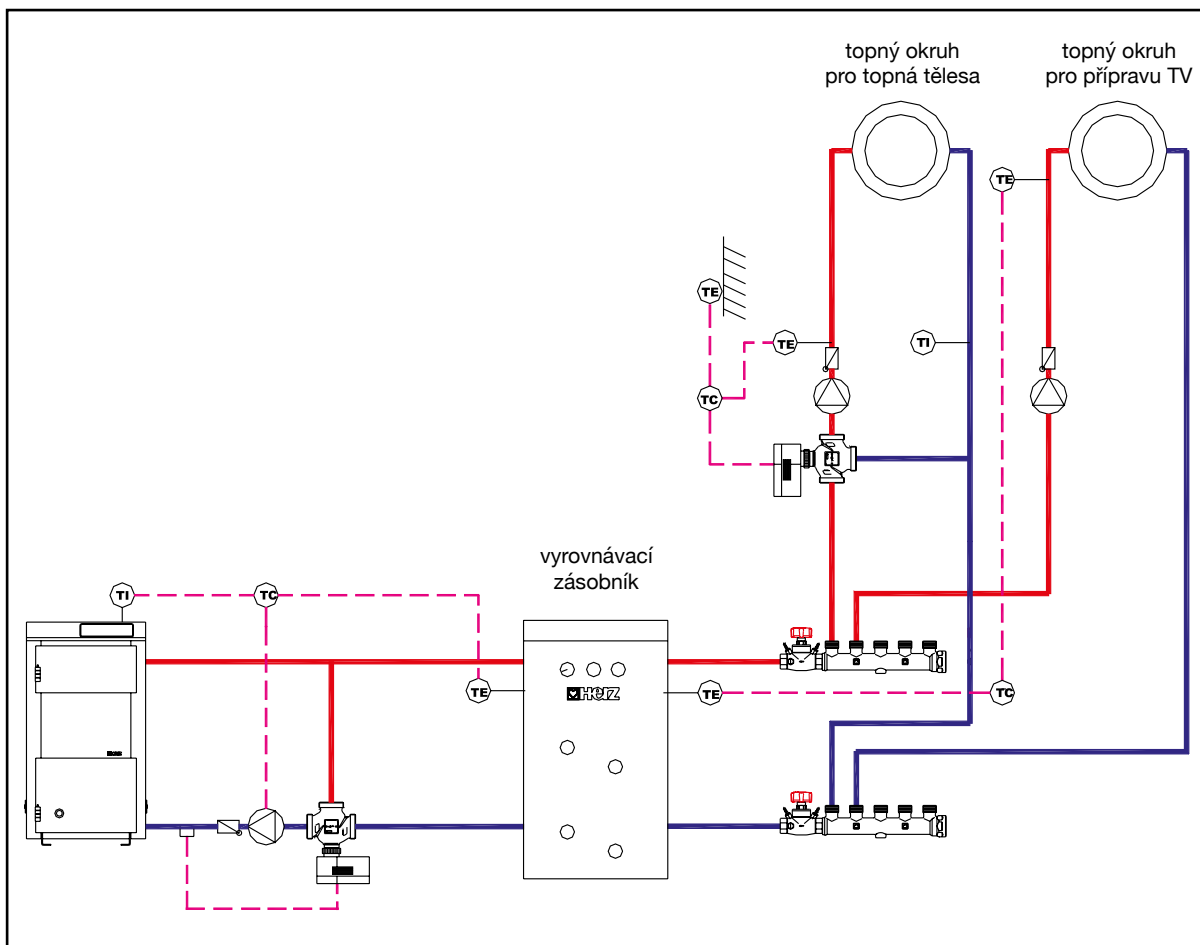
Dimenzování termohydraulického rozdělovače:

Principiálně by mezi přívodním a zpětným potrubím měla vzniknout zanedbatelná tlaková ztráta. Aby takováto ztráta byla v hydraulickém rozdělovači dosažena, nesmí rychlost proudění podle normy ÖNORM H 5142 přesáhnout 0,15 m.s⁻¹. Z tohoto údaje a jmenovitého průtoku vody primárního okruhu q_p je možno vypočítat průměr termohydraulického rozdělovače. Tím jsou hydraulické požadavky splněné.

Druhá možnost vzájemně oddělit různé topné okruhy spočívá v použití vyrovnávacího zásobníku, jako je znázorněno na obr. 7-26.



Obr. 7-25 Funkce termohydraulického rozdělovače



Obr. 7-26 Kotel s vyrovnávacím zásobníkem ve funkci termohydraulického rozdělovače

Vyrovnávací zásobník má hlavní úlohu přechodně uchovávat nepotřebnou energii do té doby, dokud se nebude moci využít. Tím je možno dosáhnout lepšího využití zdroje tepla.

Vyrovnávací zásobníky se zabudovávají přednostně u všech kotlů na pevné palivo a u tepelných čerpadel a solárních zařízení. Pro tato zařízení to znamená zlepšení stupně využití.

Vedle své hlavní funkce slouží vyrovnávací zásobník rovněž jako hydraulický rozdělovač. Například tepelná čerpadla pracují s teplotním spádem cca 5 K, na rozdíl od systémů rozvodu tepla pracujících s teplotním spádem 15 až 20 K.

Proto je průtok na straně zdroje tepla třikrát až čtyřikrát větší než v systému rozvodu tepla. Na realizaci hydraulického oddělení je potřeba vyrovnávací nádrž (vyrovnávací zásobník) a čerpadlo pro okruh zdroje tepla i pro okruh rozvodu tepla.

Podle zkušeností z praxe se vyrovnávací zásobníky navrhují tak, aby na každý kW výkonu zdroje tepla připadalo nejméně 40 l obsahu zásobníku.

Dimenzování vyrovnávacího zásobníku pro kotel na pevné palivo (podklad pro návrh podle normy EN 303-5):

$$V_{Sp} = 15 \cdot T_B \cdot Q_N \cdot \left(1 - 0,3 \frac{Q_H}{Q_{min}} \right)$$

kde:

V_{sp}		obsah vyrovnávacího zásobníku
T_B	h	čas hoření při jmenovitém tepelném výkonu
Q_N	kW	jmenovitý tepelný výkon
Q_H	kW	projektovaný tepelný příkon budovy
Q_{min}	kW	nejmenší tepelný výkon

7.4 Kritéria pro volbu regulace topení

Regulace teploty v jednotlivých místnostech	RR
Rodinný dům s hlavní obytnou místností	+ RR
Rodinný dům se vzájemně propojenými obytnými místnostmi	+ RR
Regulace teploty přírodní vody v závislosti na venkovní teplotě	WVR
Rodinný dům s více rovnocennými hlavními obytnými místnostmi	+ WVR
Bytové domy, školy, administrativní budovy apod., topné okruhy dělené podle orientace na světové strany	+ WVR

RR Regulátor vnitřní teploty vzduchu

WVR Regulace vstupní teploty média do systému na základě venkovní teploty vzduchu

TV Termostatický ventil

Pamatujte si:

- V referenční místnosti nesmí být namontovaný žádný termostatický ventil.
- Prostorové snímače zachycují tepelné zisky (teplo ze slunce, lidí a přístrojů).
- U podlahového vytápění regulace vnitřní teploty RR způsobuje větší časový posun, má však smysl i u systémů zhotovených mokřím způsobem s 5 cm silnou betonovou vrstvou.

Optimalizace vytápění jako přídatná funkce:

- Přes den pracuje jako WVR.
- Spínacími hodinami se přepne na tlumený provoz s RR podle referenční místnosti. Podpůrná teplota se udržuje dotápěním.
- V nejpozdějším možném čase se zapíná rychlé zatopení. Potom se přepne na provoz s WVR.

Tato správně použitá komunikace dvou typů regulace snižuje spotřebu energie.

7.4.1 Správné umístění snímače teploty v prostoru

a) **z hlediska regulace**
Referenční místnost pro regulaci vnitřní teploty má být po stavební stránce chladnější denní obytná místnost. V místnostech vystavených slunečnímu záření se tepelný zisk má zachycovat termostatickým ventilem.

b) **z hlediska měření**
Prostorový snímač musí správně měřit vnitřní teplotu. Vnitřní teplota se skládá z teploty vzduchu a účinné plochy okolních ploch.

Místo montáže:

- ne na slunci
- ne v blízkosti zdrojů tepla, např. lamp
- ne na ohříváných stěnách, např. kouřovody a topným potrubím,
- ne ve výklencích nebo koutech, kde je nepatrný pohyb vzduchu
- ne na venkovní straně
- ne v blízkosti dveří do nevytápěných místností (vliv ztrát ochlazováním)
- nepřipojovat k otevřenému instalačnímu potrubí (Studený průvan, který je způsoben tlakem větru nebo teplotou, ovlivní výsledek měření. Prázdné potrubí musí být zavřené.)

7.4.2 Správné umístění snímače venkovní teploty

a) z hlediska regulace

V místnostech s velkým slunečním zářením je nutno použít termostatické ventily.

Poloha hlavních místností	Umístění na stěně
S	S
V	V (zastínit při ranním slunci)
J	Z (kvůli akumulaci tepla jižní stěnou)
Z	Z
Různá orientace	SZ, S

a) z hlediska měření

- ve výšce 1. poschodí
- chránit před nesprávně působícím teplem, např. nad okny
- ne ve výklencích, ale na rozích domu

7.4.3 Správné umístění snímače teploty přívodu topné látky

a) z hlediska regulace

Umístit za bodem směšování (např. za směšovačem)

b) z hlediska měření

- kvůli promíchání umístit za čerpadlem, pokud možno ve svislém potrubí
- kvůli dopravnímu zpoždění nemontovat daleko od bodu směšování
- krátké přípojovací návarky a snímače s velkým ponorem, obrácené proti směru proudění
- příložné snímače upevnit na holý vyleštěný kovový povrch potrubí a tepelně zaizolovat
- na chlazení se musí vždy používat ponorné snímače.

7.5 Regulace nízkoteplotního vytápění

Při nízkoteplotním vytápění je nutno zvolit malé teplotní spády, aby se teplota topné látky v otopném tělese udržela pokud možno vysoká, a tak bylo možno navrhnout malé otopné těleso. To má často za následek dvou až čtyřnásobný průtok topné látky ve spotřebitelském okruhu v porovnání s kotlovým okruhem, přičemž je výhodné pracovat s **pevně nastaveným obtokem**. Regulační rozsah regulačního ventilu se tím podstatně zvětší. Úhlu přenastavení 90 ° se takto dosáhne i při např. 60 °C.

U monovalentních systémů s tepelným čerpadlem není obtok potřebný, protože teplotní spád systému tepelného čerpadla je rovněž malý, ale u bivalentních systémů by se měl zařadit termohydraulický rozdělovač.

Při kombinaci regulace směšováním (centrálně) a škrcením (místně termostatickými ventily) může dojít ke zvýšenému tlakovému rozdílu.

Na vyřešení tohoto problému existují tři možnosti:

- přepouštěcí ventil
- regulátor tlakového rozdílu
- čerpadla s elektronickou regulací tlakového rozdílu

- Při
- a) nočním tlumeném provozu nebo
 - b) nízkých teplotách přívodu má smysl použít čerpadlo s regulací otáček.

Čerpadlo by mohlo být zapnuté po dobu útlu-
mu na nižší otáčky, tím by se zmenšil i objemo-
vý průtok a ušetřila energie.

Podlahové vytápění a tepelné čerpadlo

S monovalentně provozovaným tepelným čer-
padlem se odevzdávání tepla teplovodním
podlahovým topením může regulovat násle-
dovně:

- Ručně nastavením teploty zpětné vody
na tepelném čerpadle (je to vlastně ovlá-
dání, podlaha slouží jako vyrovnávací zá-
sobník) nebo
- Automaticky v závislosti na vnitřní teplotě.
Kvůli setrvačnosti podlahového vytápění
se na regulaci v závislosti na vnitřní teplotě
hodí i dvoupolohový regulátor, který zapíná
a vypíná kompresor. Oběhové čerpadlo
vytápění však musí nadále zůstat v provo-
zu, aby se kompresor tepelného čerpadla
příliš často nezapínal (max. 6 x za hodinu).

U podlahového topení je možno použít i regula-
ci teploty zpětné vody v závislosti na venkovní
teplotě, realizovanou dvoupolohovým reguláto-
rem.

Odevzdávání tepla podlahovým topením v jed-
notlivých místnostech se přizpůsobuje požado-
vané potřebě regulačními ventily na rozdělovači
topných okruhů (škrcením). Odevzdávání tepla
v jednotlivých topných okruzích je možno regu-
lovat rovněž **prostorovým regulátorem** s ter-
mickým pohonem na rozdělovacích ventilech.
Tím je možno např. zabránit přetápění prostor
orientovaných na jižní stranu.

U **bivalentních systémů** se regulace podlahové
vytápění musí provádět podobně jako při běž-
ném vytápění, přičemž by bylo přirozeně vý-
hodnější k regulaci směšováním přidat regulaci
vnitřní teploty. U těchto systémů se podlaha
nevyužívá jako zásobník tepla, ale jako vyrovná-
vací zásobník (zásobník na vyrovnání zatí-
žení) s regulací teploty přívodní vody v topném
okruhu.

8 SPECIÁLNÍ ARMATURY PRO TEPELOVODNÍ TOPENÍ

8.1 Výběr regulačních armatur

8.1.1 Určení regulační armatury

Regulační armatury

- ventily
- kohouty
- škrticí klapky

Servomotory

- ruční, hydraulické,
- pneumatické,
- elektromotorické,
- elektrotermické,
- elektrohydraulické

Typ regulační armatury

- trojcestné směšovací a rozdělovací ventily,
- trojcestné kohouty,
- dvoucestné škrticí ventily

Protékající látka

- teplá – horká voda,
- chladivo,
- pára

Jmenovitý tlak

- PN6/10/16/25/40 bar

Provozní tlak

- jmenovité tlaky PN 6/10/16/25/40 bar. Jmenovitý tlak odpovídá provoznímu tlaku až do 120 °C. Při vyšších teplotách se přípustný provozní tlak nachází pod hodnotou PN.

Materiál

- červený bronz RG 5 (závitové části)
- šedá litina GG 20 (přírubové části GG 38 do PN 16)
- feroslitina GGG 42 do PN 25
- ocelová litina GS 45,5 do PN 40

8.1.2 Určení regulačních údajů ventilů podle údajů systému vytápění

- (1) jmenovitý objemový průtok $q_{v,100}$
- (2) potřebný tlakový rozdíl Δp_D na otevřené regulační armatuře při jmenovité zátěži $q_{v,100}$

Pamatujte si:

Se zcela otevřenou armaturou – tj. při $q_{v,100}$ musí být tlakový spád Δp_{100} na regulační armatuře minimálně tak velký, jako je tlakový spád na části potrubní sítě s proměnlivým průtokem, aby autorita ventilu byla větší než 0,5. $\Delta p_{100} \geq p_D$

- (3) průtokový součinitel regulační armatury

$$k_v \leq \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_D}}$$

Požadovaná hodnota podle výpočtu s p_D na úseku s proměnlivým průtokem

kde:

k_v m³.h⁻¹ průtokový součinitel ventilu při částečně otevřeném ventilu

Δp bar tlakový spád

q_v m³.h⁻¹ objemový průtok

- (4) • maximálně vznikající tlakový rozdíl na uzavřené regulační armatuře Δp_{max} (odpovídá nejčastější nulové dopravní výšce čerpadla)
 - p_{max} je největší přípustný tlakový rozdíl na regulační armatuře, při kterém servomotor ještě těsně uzavře regulační armaturu

8.1.2.1 Průtokový součinitel ventilu a jeho výběr

Průtokový součinitel ventilu udává průtok v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při tlakovém spádu na ventilu 1 bar.

$$\text{Průtok} = q_v = k_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

Autorita ventilu:

$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_{MV}}$$

kde:

Δp_v tlakový spád na ventilu

Δp_{MV} tlakový spád na úseku s proměnlivým průtokem

Důležité je, aby bylo:

$$0.3 \leq a_v \leq 0.7$$

$$\text{Při } a_v = 0,5$$

bude

$$\Delta p_v = \Delta p_{MV}$$

Volba ventilu :

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}} \quad \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Příklad: Ventil otopného tělesa

Otopné těleso: $\Phi = 4.65 \text{ kW}$ při $\Delta\theta = 20\text{K}$

$$\text{Průtok vody: } q_v = \frac{4650}{1,163 \cdot 20 \cdot 1} = 200 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1} = 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Požadovaný tlakový spád $\Delta p_D = 2 \text{ kPa} = 200 \text{ mm v.s.} = 20 \text{ mbar} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{p_D}} = \frac{0,2}{\sqrt{20 \cdot 10^{-3}}} = 1,41$$

pro ventil HERZ-TS-90-E, DN 15, rohové vyhotovení, bude proporcionální odchylka $> 2 \text{ K}$.

Tlakový spád je příliš malý, proto pro proporcionální odchylku 2 K je při DN 15 potřebný $k_v = 0,9$.

Tlakový spád proto bude:

$$\Delta p = \left(\frac{q_v}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{0,2}{1,1} \right)^2 = 49,38 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 49 \text{ mbar} = 4,9 \text{ kPa}$$

Příklad: Termostatický ventil

V rozvětvené potrubní síti pro výše uvedené otopné těleso je nutno vybrat termostatický ventil TV s proporcionální odchylkou 2 K tak, aby zbytkový tlak 20 kPa = 200 mbar se spotřeboval na ventilu.

$$k_{vs} = \frac{q_v}{\sqrt{p_v}} = \frac{0,2}{\sqrt{200 \cdot 10^{-3}}} = 0,45$$

Zvolený ventil: HERZ-TS-90- k_v , vložka E
 Proporcionální odchylka zvolené vložky je < 2K

Při TV s větším $k_v = 0,6$ se musí do zpětného potrubí dodatečně nainstalovat přednastavitelné šroubování.

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_v}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{0,2}{0,6} \right)^2 = 111 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 111 \text{ mbar}$$

S tlakem zůstávajícím pro ventil ve zpětném potrubí $\Delta p = 200 - 111 = 89$ mbar podle diagramu pro šroubování HERZ-RL-5, DN 15, rohové vyhotovení, je přednastavitelné $VE = 3,5$ nebo $k_v = 0,7$.

Příklad: Dodatečné vybavení všech ventilů termostatickými regulátory teploty

Stávající rohový ventil TS 7724 s $k_{vs} = 1,9$ je zcela otevřený, má být přezbrojený na termostatický provoz (namontováním termostatické hlavice) a přitom se má zabezpečit proporcionální odchylka 2 K.
 $q_v = 200 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1} = 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Dosud bez termostatického provozu:

$$\Delta p_v = \left(\frac{0,2}{1,9} \right)^2 = 0,011 \text{ bar} = 11 \text{ mbar} = 1,1 \text{ kPa}$$

Nový termostatický provoz:

$$k_v = 0,6 \text{ pre } 2 \text{ K} = \Delta X_p$$

$$\Delta p_{VT} = 100 \left(\frac{0,2}{0,6} \right)^2 = 11,1 \text{ kPa}$$

Při správně navrhnutém čerpadle nebo vyšších otáčkách bude potřebné zvýšení tlaku:

$$\Delta p = 10 \text{ kPa} = 1 \text{ m v.s. při požadovaném průtoku vody}$$

Příklad: Dodatečné vybavení části systému

Jak je zřejmé z předchozího příkladu, tlakový spád ventilu stoupne při vybavení termostatickou hlavicí na desetinásobek. Paralelně zapojený ventil otopného tělesa měl dosud 11 mbar a nebude vybavený termostatickým regulátorem teploty.

V důsledku toho vznikne v uzlech rozvětvení tlakový rozdíl $KDD = 11,1 - 1,1 = 10 \text{ kPa}$, který je nutno redukovat (zaškrtit), aby byl dosažen požadovaný průtok vody.

Ventil ve zpětném potrubí je nutno přednastavit na novou hodnotu k_v .

8.1.3 Určení jmenovité světlosti (DN) regulačních armatur

- (1)
 - Pro každý typ ventilu a jmenovitou světlost DN jsou dané hodnoty k_{vs} .
 - Je nutno zvolit takovou světlost DN, která má hodnotu k_{vs} , nacházející se pod požadovanou hodnotou k_v .
 - Je nutno vypočítat skutečný tlakový spád Δp_{100} při jmenovitém průtoku q_{v100} a zohlednit ho v dopravní výšce čerpadla.

$$\Delta p_{100} = \left(\frac{q_{v100}}{k_{vs}} \right)^2 \cdot 100 \text{ kPa}$$

(2) Výběr servomotoru:

Při směšovacím zapojení teplovodního topení je možno přibližně zvolit: trojcestný směšovací kohout

$$\Delta p_v = 2 \text{ kPa}$$

nebo

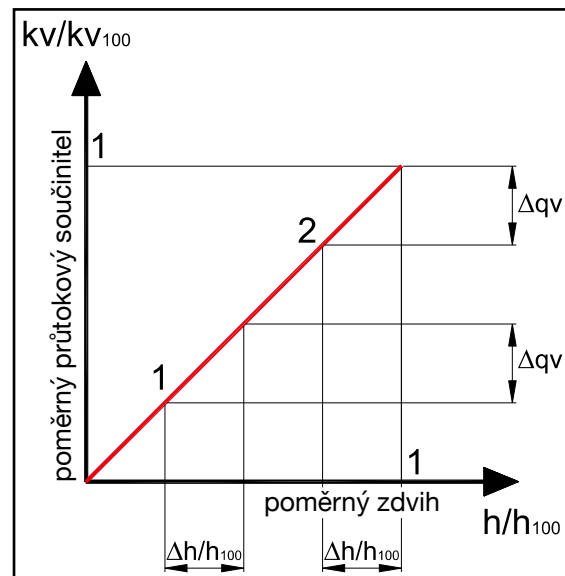
čtyřcestný směšovací kohout
v přípojovacím průřezu $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Výběr typu:

1. Způsob regulace:
 - dvojbodové,
 - trojbodové, 0-10 V
2. Provozní napětí: 230 V / 24 V
3. Doba chodu
4. S nouzovým nastavením nebo bez něj

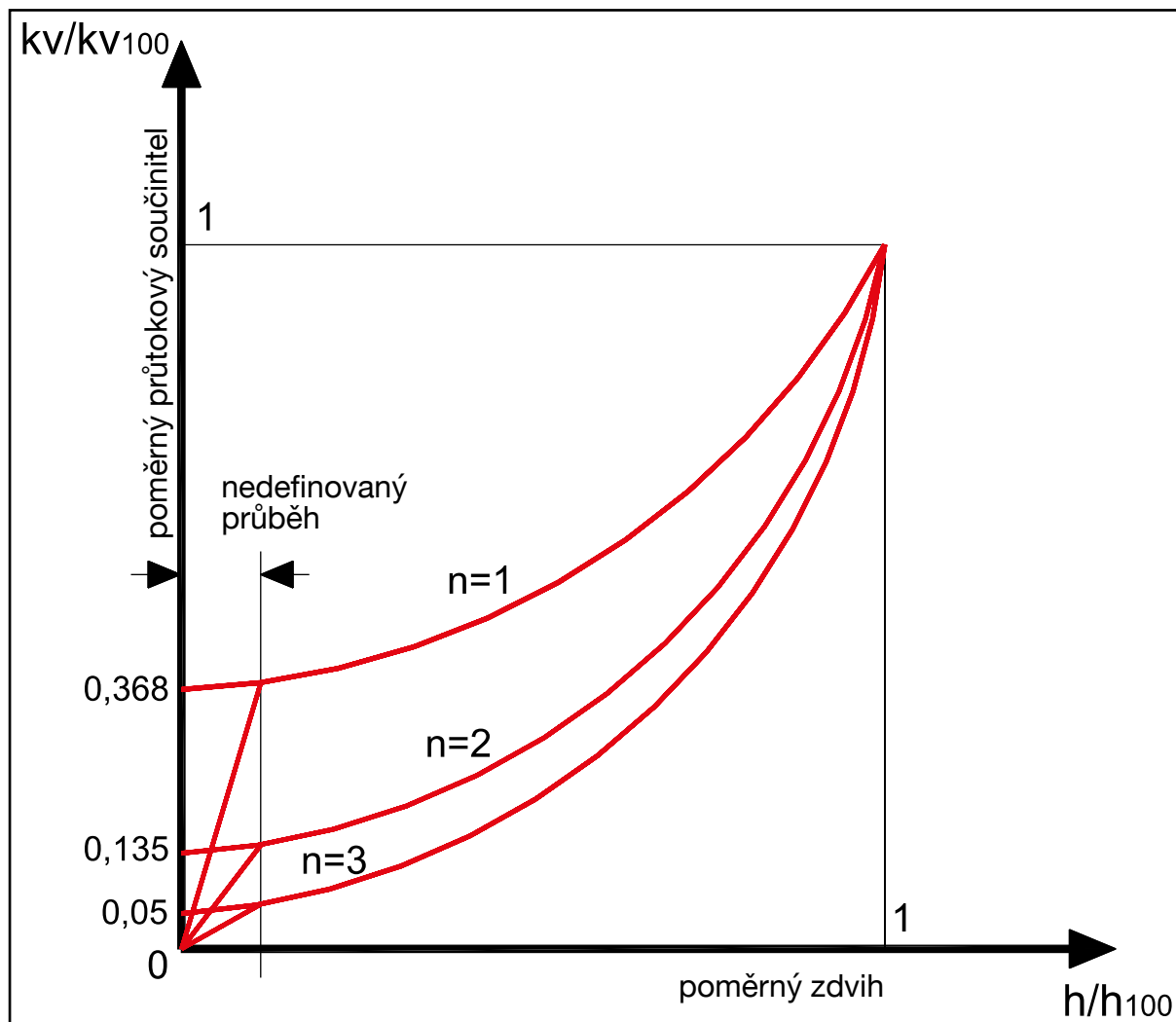
8.1.4 Charakteristiky regulačních ventilů

Při regulačním zásahu na ventilu se mění volný průřez průtoku. Vztah objemového průtoku a regulačního zdvihu udává charakteristika ventilu. Protože $q_v = k_v \sqrt{\Delta p}$, možno pracovat s k_v .



Obr. 8-1 Lineární charakteristika ventilu

Lineární charakteristika (obr. 8-1) bude dosažena u ventilů s plochou kuželkou nebo talířových ventilů se zdvihem až do $d/4$ pro určité vyhotovení kuželky. Při stejnoprocentní charakteristice ventilu se regulačním zásahem dosáhne vždy stejné procentní změny objemového průtoku, přičemž nezáleží na tom, v jakém bodě zdvihu se regulační zásah uskutečnil.



Obr. 8-2 Stejnoprocentní charakteristika ventilu

Průběh funkce stejno procentní charakteristiky

$$\frac{k_v}{k_{v100}} = e^{n(h/h_{100}-1)}$$

pro různé hodnoty n je vyznačený na obr. 8-2. V topné technice musí být systémy regulovatelné zejména v pásmu slabé zátěže. Na to je nutno

zvolit ventily se stejno procentní charakteristikou, která má poměr k_{v0}/k_{v100} dostatečně malý ($\approx 0,04$).

Tvarováním kuželky a sedla ventilu je možno dosáhnout určité požadované charakteristiky ventilu.

8.2 Armatury na hydraulické vyvážení

Pokud jde o hydraulické vyvážení, rozlišují se dva typy. Na jedné straně jde o statickou (manuální) regulaci a na druhé straně dynamickou (automatickou) regulaci. V zásadě musí být všechny armatury pro hydraulické vyvažování vybaveny zařízením na přednastavení tlakové ztráty ventilu a zařízením na měření průtoku.

8.2.1 Statické vyregulování

Všechny hydraulické prvky, které je možno přednastavit a změřit pro účely vyvážení, se považují za prostředky statického vyvážení. Jejich hodnota k_v musí po nastavení zůstat za všech provozních podmínek konstantní. Na konci nastavení tyto hydraulické prvky v síti zabezpečují odpovídající poměry objemového průtoku. Statické regulační ventily se přednostně používají v systémech s konstantním objemovým průtokem nebo tam, kde je zajištěno použití čerpadla s regulovanou rychlostí s regulací rozdílového tlaku nebo bez něj. Tato skupina ventilů zahrnuje vyvažovací ventily potrubí (např. Herz 4017 nebo 4217), kombinované regulační a řídicí ventily (např. Herz 7217), jakož i termostatické ventily na otopných tělesech (např. Herz TS-98-V).

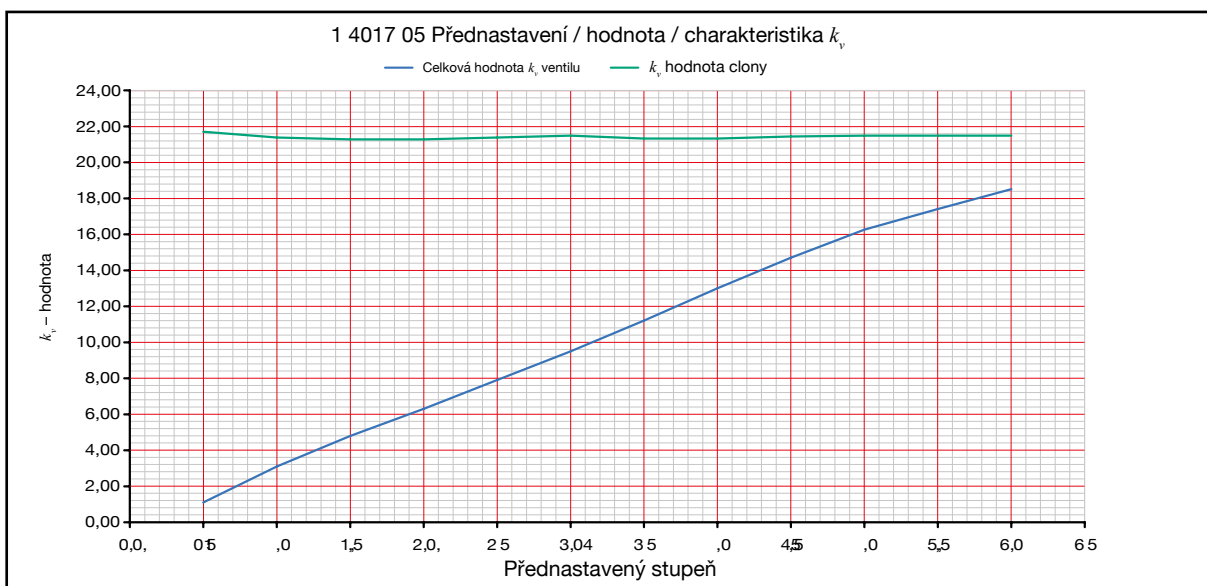
8.2.1.1 Vyvažovací ventil

Pomocí vyvažovacích ventilů potrubí je možno nastavit určitý maximální průtok

pomocí Rozdílového tlaku ventilu. To je naprosto nevyhnutelné, protože jinak by došlo k velkému nadměrnému zásobení okruhů s nižším odporem, v důsledku čehož by došlo k nedostatečnému zásobení okruhů s vysokým odporem. Jednotlivé okruhy se tak dají hydraulicky vyvážit pomocí vyvažovacího ventilu potrubí. Přesná poloha na ručním kolečku vyvažovacího ventilu je snadno čitelná z displeje s přesností na jedno desetinné místo. Vyvažovací ventil se tak dá velmi přesně nastavit a zafixovat pomocí skrytého upevňovacího zařízení.

Společnost Herz rozlišuje mezi dvěma typy měření na ventilu. Jedno měření se uskuteční před a za regulační kuželkou ventilu (např. Herz č. 4217). Výhodou měřicího otvoru po obou stranách ventilu je to, že je možné měřit tlakový rozdíl zavírání, což znamená, že pomocí měřicího přístroje na měření rozdílu tlaku je možno v hydraulickém systému provést diagnostiku systému bez jakýchkoliv dalších pomocných prostředků.

Druhý typ měření se provádí pomocí integrované měřicí clony v tělese ventilu (např. Herz č. 4017) a dvou měřicích otvorů na straně měřicí clony. Nejdůležitější výhodou měřicí clony na obou stranách měřicích otvorů je to, že měřicí otvor zajišťuje konstantní hodnotu k_v pro každou nastavenou hodnotu, což znamená, že nastavení je možno provést rychle a lehce. Díky integrované měřicí cloně je možno velmi přesně měřit tlakový rozdíl a umožňuje zcela plynulé nastavení.

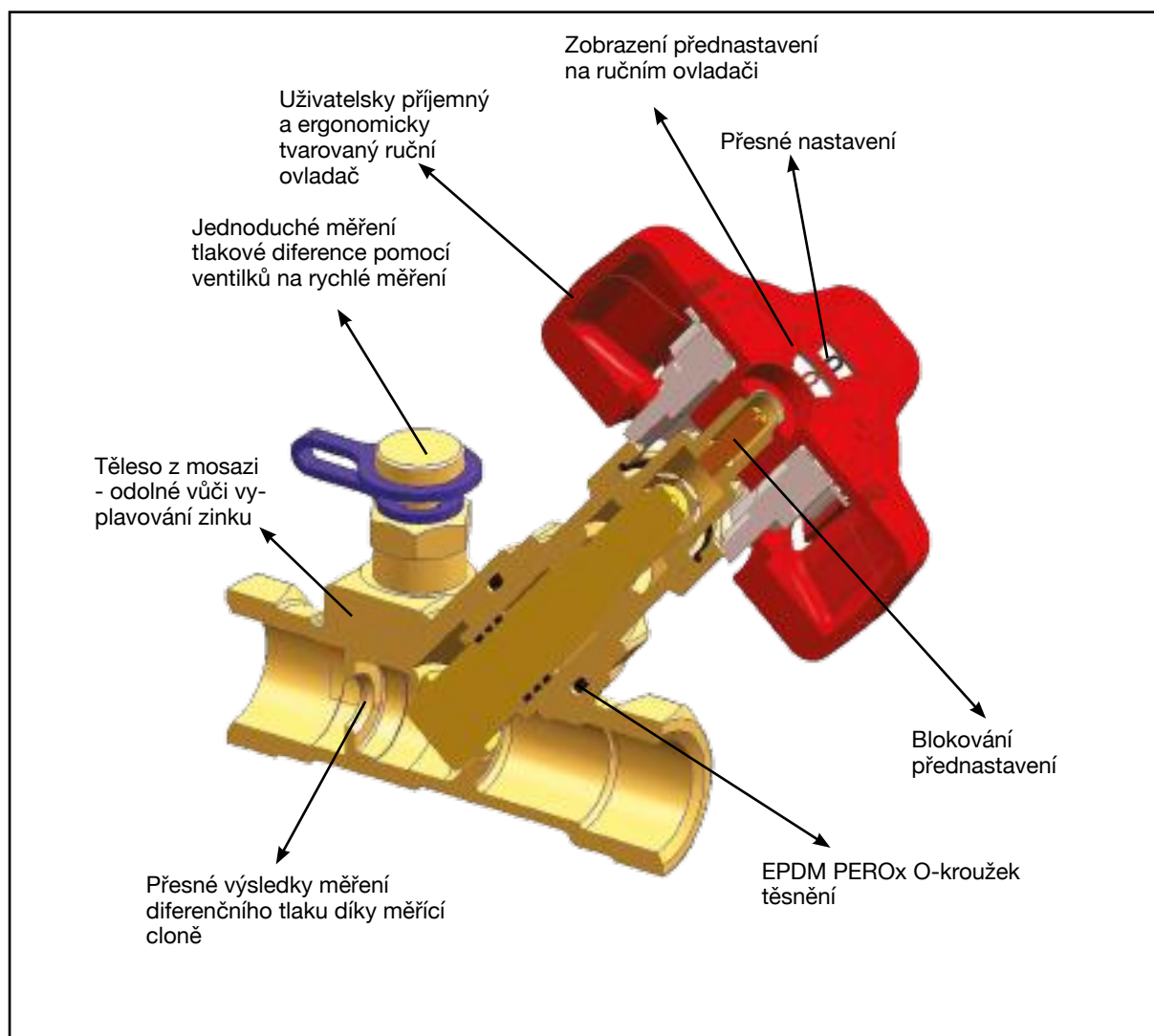


Obr. 8-3 Diagram pro stanovení přednastavení vyvažovacího ventilu (výrobce spol. Herz)

Pro získání smysluplných výsledků měření je důležité sledovat uspokojivé úseky na vstupu a výstupu. Na vstupu by měla být uspokojivá část rovna desetinásobku průměru potrubí, na výstupu pětinasobku průměru potrubí.

Oba typy vyvažovacích ventilů od společnosti Herz je možno omezit a jejich nastavení je rovněž možno zaznamenat do protokolu o nastavení

ventilů. V případě opravných prací je možno pomocí těchto záznamů zkontrolovat systém nebo ho znovu nastavit na hodnoty zadané při nastavování. Dimenzování se provádí pomocí diagramu (viz příloha) nebo prostřednictvím aplikace od společnosti Herz. Při projektování ventilu se ujistěte, že přednastavení regulační části není zvoleno na méně než 1/4 celkového zdvihu.



Obr. 8-4 Pohled v řezu na vyvažovací ventil s měřicí clonou



Obr. 8-5 Vyvažovací ventil s měřicí clonou, šikmý



Obr. 8-6 Vyvažovací ventil s měřicími ventilkou, přímý

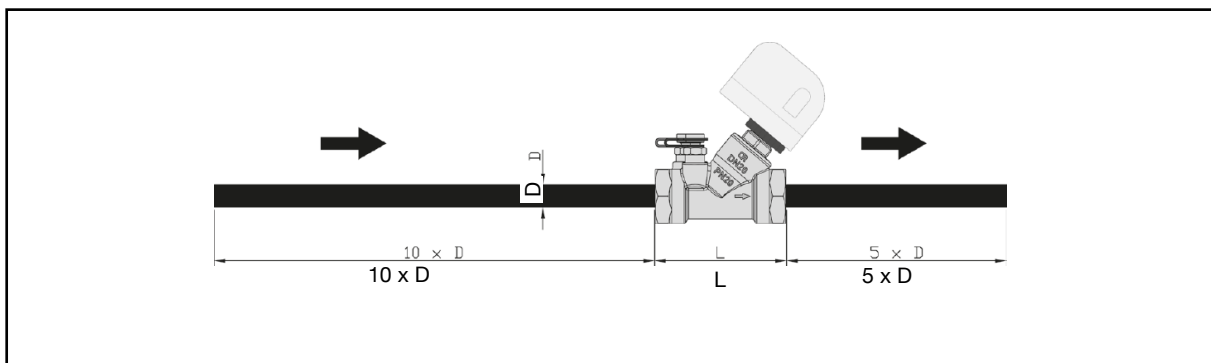
8.2.1.2 Kombinované regulační a řídicí ventily

Tyto ventily (např. Herz 7217 V) se používají na regulaci vytápěcích a chladicích systémů, jakož i výměníků tepla pro registry vytápění a chlazení. Mohou být rovněž použity jako zónové regulační ventily. Samotěsnící měřicí ventilkou jsou umístěny na obou stranách měřicí clony před sedlem ventilu. Měřicí clona tedy nabízí stejné výhody jako vyvažovací (např. Herz 4017).

Pojem „kombinovaný“ vyplývá ze zabudované termostatické ventilové vložky, na kterou je možné po nastavení namontovat termoelektrický pohon, který je možno dokonce připojit k systému řízení budovy. Další výhodou je, že ventil je poměrně malý a stále umožňuje nastavení a dvoubodové řízení. Přednastave-

ní je možné pomocí sedla ventilu, které je připojené za těsněním sedla a obklopuje těsnění sedla, je zvenku plynule nastavitelné a ovlivňuje pracovní zdvih vřetena ventilu. Přednastavená úroveň je chráněná proti neoprávněnému přístupu.

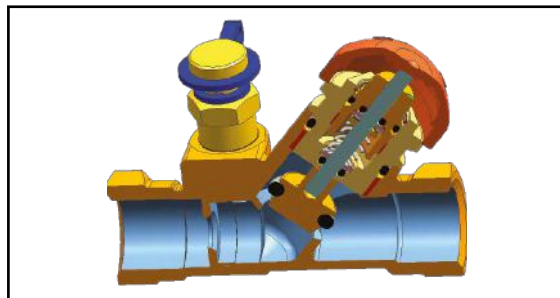
Pro získání smysluplných výsledků měření je důležité sledovat uspokojivé části na vstupu a výstupu. Uspokojivá část by měla mít desetinasobek průměru potrubí na vstupu a pětinasobek průměru potrubí na výstupu. Dimenzování se provádí pomocí schématu (viz příloha), přičemž je nutno poznamenat, že předvolba regulační horní části je zvolená tak, aby nebyla menší než 1/4 celkového zdvihu.



Obr. 8-7 Stabilizační části potrubí před a za vyvažovacím ventilem



Obr. 8-8 Regulační ventil (Herz 7217) s měřicí clonou



Obr. 8-9 Regulační ventil (Herz 7217) s měřicí clonou a regulačním motorem (Herz 7708)

8.2.2 Dynamické vyregulování

Pomocí automatických vyvažovacích ventilů je možno dosáhnout účinnou úsporu energie v systému vytápění i chlazení. Cílem je minimalizovat spotřebu energie v závislosti na zatížení a času. Proto má výběr vyvažovacích ventilů a definice regulačních zón zásadní význam. Na dynamickou regulaci se používají například přetlakové ventily, regulátory tlakové diference, regulátory objemového průtoku a kombinované regulátory objemového průtoku a regulátory tlakové diference.

Přednastavení limitů objemového průtoku regulačních ventilů se vždy vztahuje na max. zatížení (plné zatížení), a proto poskytují za skutečných provozních podmínek nedostatečný regulační výkon. Tuto nevýhodu je možno odstranit pomocí automatických ventilů. Pokud jsou nainstalované, v daném okamžiku se dodává pouze takový objemový tok, jaký spotřebitelé potřebují. Další výhodou automatických regulačních ventilů je to, že při přednastavení po instalaci je možno snadno zohlednit skutečné hodnoty systému, které se liší od návrhu. To zajišťuje například konstantní objemový průtok a konstantní tlakový rozdíl.

8.2.2.1 Přetlakový ventil

Přetlakové ventily (např. Herz č. 4004) je možno z důvodu nákladů montovat do menších systémů místo regulátorů tlakové diference.

V tomto případě je přívodní a vratné potrubí spojené přes přetlakový ventil. Pokud je na přetlakovém ventilu tlak vyšší než nastavený maximální tlak, otevře se a část průtoku se přimíchá do vratného potrubí. Díky tomu není diferenční tlak regulovaný, ale omezený. Při použití přetlakového ventilu se teplota vratné vody nevyhnutelně zvýší. Energie se navíc ničí, protože teplá voda proudí zpět do vratné vody. Ve větších systémech je proto o mnoho rozumnější použít regulátor tlakové diference.

Přetlakový ventil diferenčního tlaku se používá, pokud není možné udržet nízký tlakový rozdíl při plánování potrubní sítě nebo při projektování čerpadla, nebo když se má zabránit nadměrně vysokému diferenčnímu tlaku v termostatických ventilech. Kromě toho je přetlakový ventil diferenčního tlaku možno použít na udržení minimálního objemu vody cirkulující v systémech s proměnlivým objemovým průtokem, aby se zabezpečil minimální objemový průtok čerpadel s regulovanou rychlostí.

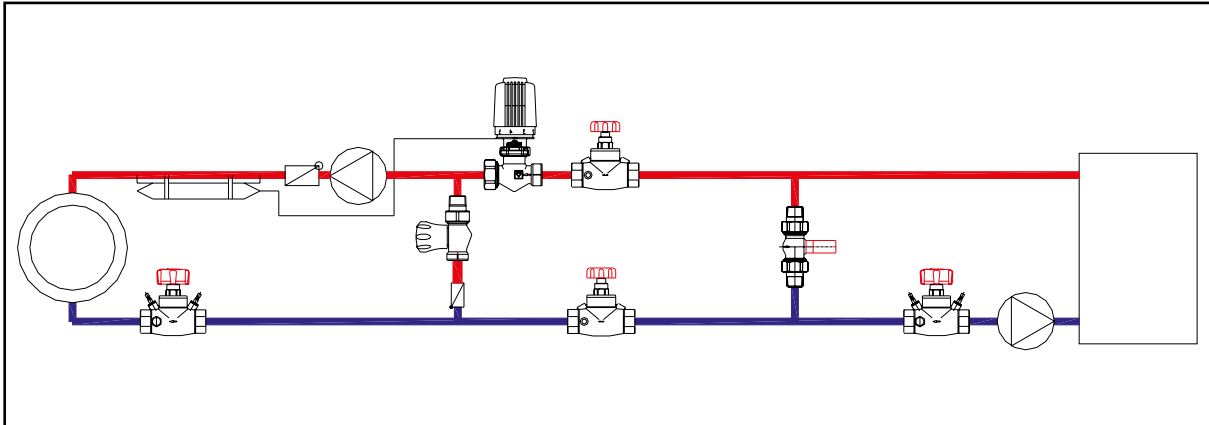
Ve smyslu doporučení VDMA by termostatické ventily měly být dimenzovány na tlakový rozdíl 5 kPa (5–10 kPa). Mělo by se rovněž zajistit, aby tlakový rozdíl na radiátorech, které jsou v blízkosti čerpadla, nebo při poklesu průtoku nepřesáhnul 20 kPa.

Použitím přetlakového ventilu, například v systému s termostatickými ventily a s radiátory, je možno zabránit nadměrně vysokému tlakovému rozdílu na termostatickém ventilu (> 20 kPa) a tvorbě hluku v důsledku nadměrně vysokého tlakového rozdílu.

Dalším důležitým použitím je zabezpečení minimálního objemového průtoku na ochranu motoru a konstrukce vysoce výkonných čerpadel ve vytápěcích i chladicích systémech (obvykle 5-10 % jmenovitého objemového průtoku). Pro tento objemový průtok by se měl zvolit přetlakový ventil v obtoku. Při určování minimálního objemového průtoku je potřeba vždy dodržet doporučení výrobce čerpadla,

jinak by mělo být obtokové potrubí co nejkratší a s malými ztrátami tlaku.

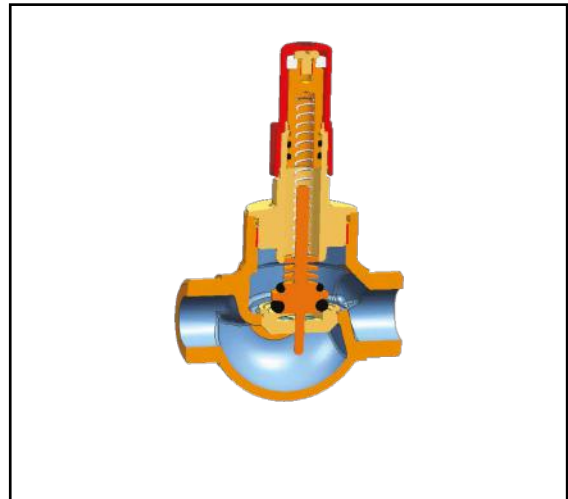
Přetlakový ventil je nejlacinější regulátor tlakové diference. Nemělo by se však zapomínat, že při použití přetlakového ventilu se nevyhnutelně zvyšuje teplota zpátečky.



Obr. 8-10 Příklad schématu s přetlakovým ventilem



Obr. 8-11 Přetlakový ventil (Herz 4004) a pohled v řezu



To vede ke ztrátě energie, protože nepoužité teplé médium proudí zpět do přímého systému s obvyklými ztrátami. Ve větších systémech se

proto používá lepší řešení, regulátor tlakové diference.

8.2.2.2 Regulátor tlakové difference

8.2.2.2.1 Všeobecné informace

Regulátor tlakové difference se používá v systémech s proměnlivým tlakem. Je ho možno použít ve starých i nových systémech na decentralizované nebo centrální řízení diferenčního tlaku.

Vyžaduje se na hydraulické vyvážení vytápěcího nebo chladicího systému. Regulátor tlakové difference má za úkol udržovat stanovený diferenční tlak v celém systému. To vede nejen k lepší autoritě ventilů, ale i k lepšímu hydraulickému vyvážení topné sítě. Existují dva typy regulátorů, proporcionální regulátor (Herz 4007) a lineární regulátor (Herz 4002), oba jsou přímé a pracují bez pomocné energie.



Obr. 8-12 Regulátor tlakové difference s lineární regulací (Herz 4002)



Obr. 8-13 Regulátor tlakové difference s proporcionální regulací (Herz 4007)



Obr. 8-14 Regulátor tlakové difference v přírubovém vyhotovení (Herz F 4007)

Regulátor tlakové difference se skládá z pohonu a ventilu. Požadovaný rozdílový tlak se plynule nastavuje pomocí pružiny. Regulátor 4002, který je k dispozici s řídicím rozsahem 50–300 mbar nebo 250–600 mbar, je nastavený pomocí speciálního nastavovacího nástroje. Regulátory 4007 a F 4007 (přírubové provedení) s rozsahem regulace 50–300 mbar se nastavují otáčením ručního kolečka. Regulátor tlakové difference je vždy propojený s vyvažovacím ventilem na přívodním potrubí. Regulátor tlakové difference a vyvažovací ventil jsou vzájemně spojené impulzním vedením. V menších systémech vytápění se místo regulátoru tlakové difference používá čerpadlo s regulovatelnými otáčkami.

8.2.2.2.2 Funkce

Sekundární diferenční tlak působí na membránu. Vyšší tlak je nahoře, nižší dole. Když se rozdílový tlak zvýší, regulátor tlakové difference se proporčně uzavře, potom se nazývá proporcionální regulátor, nebo lineárně, potom se nazývá lineární regulátor. Nastavovací pružina, která zodpovídá za stanovení požadované hodnoty, je zabudovaná v pohonu. Nastavená pružina je vyměnitelná, regulátor tlakové difference proto může být vybavený různými požadovanými hodnotami. Vnější membránová komora je spojena s impulzním vedením, které je připojené k vyvažovacímu ventilu v přívodním potrubí. Impulzní vedení by nemělo být připojené zdola, aby se zabránilo ucpání částicemi nečistot. Pokud se rozdílový tlak v systému zvýší, tlačí ventilový kotouč proti síle pružiny ve směru zavírání, a pokud rozdílový tlak poklesne, potom ve směru otevírání. Přebytečný diferenční tlak se v regulátoru tlakové difference sníží a v potrubním systému, který se má regulovat, je přítomen pouze nastavený diferenční tlak.

8.2.2.2.3 Použití a montážní pokyny

Regulátor tlakové difference je namontovaný pouze ve vratném potrubí. Montážní poloha regulátoru tlakové difference 4007 by měla být zvolená tak, aby byla visící nebo vodorovná, nikdy však červeným ovladačem směrem nahoru. U regulátoru tlakové difference 4002 hraje instalační poloha pouze podřadnou roli a je možno ji zvolit podle situace při instalaci. Dále je nutno zajistit, aby byl namontovaný ve směru šipky, aby mohl proud proudit ve směru šipky. Doporučuje se instalace uzavíracího ventilu před a za regulátor tlakové difference. Doporučuje se rovněž použít kulový ventil na místě v impulzním potrubí, aby se zabránilo tlakovým rázům v membráně při plnění

systému. Aby bylo možno zaručit čistý systém, doporučuje se před regulátor tlakové difference nainstalovat filtr.

8.2.2.2.4 Stanovení nastavené hodnoty

Na určení požadované hodnoty nastavení je potřeba vypočítat nejvíce nepříznivě umístěný okruh. Výpočet se provádí na základě tlakových ztrát pomocí vzorce:

$$\Delta p = \Delta p_{Rohr} + \Delta p_{TV} + \Delta p_{Verschr} + \Delta p_{Sonstiges}$$

Příklad:

Dané je potrubí DN 20, 3 otopná tělesa

$\Delta p_{STRV} = 100$ mbar	(Tlaková ztráta vyvažovacího ventilu v přívodním potrubí)
$\Delta p_{Verschr} = 13$ mbar	(Tlaková ztráta přes otopné těleso - spojku ve zpátečce)
$\Delta p_{Sonstige} = 0$	(žádné jiné komponenty)

Hledané

- Nastavená hodnota regulátoru tlakové difference
- Výpočet požadované nastavené hodnoty
- Tlaková ztráta potrubí

$$\Delta p_{Str} = \Delta p_{TV} + \Delta p_{Verschr} + \Delta p_{Rohr} + \Delta p_{Sonstige}$$

$$\Delta p_{STRV} = 100 \text{ mbar} \quad (\text{např. z diagramu})$$

$$\Delta p_{Verschr} = 13 \text{ mbar} \quad (\text{např. z diagramu})$$

$$\Delta p_{Str} = 100 + 13 + 30 = 143 \text{ mbar} \text{ nastavená hodnota na regulátoru tlakové difference)}$$

$$\Delta p_{potrubie} = 30 \text{ mbar} \quad (30 \text{ m pro přívodní a vratné potrubí a } 1 \text{ mbar / m)}$$

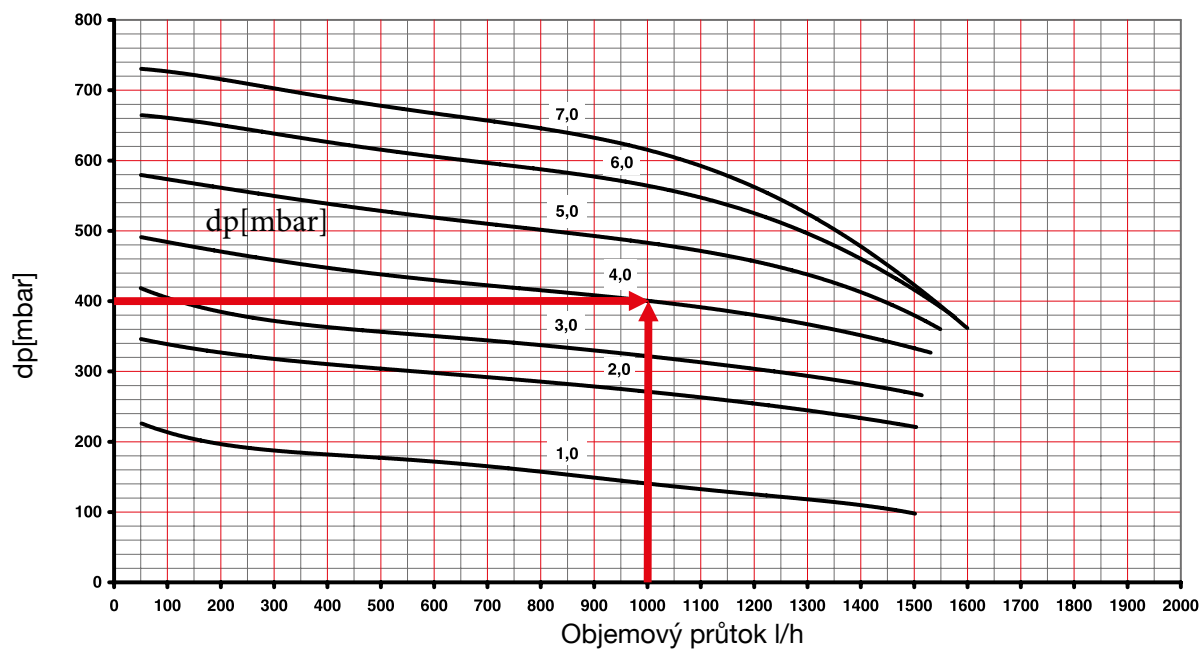
Nastavenou hodnotu regulátoru tlakové difference je možno určit a stanovit pomocí standardního diagramu v rámci rychlého procesu následujícím způsobem. K tomu je však nutný tlakový rozdíl $[\Delta p]$ a průtok $[Q]$. Tyto dvě hodnoty jsou v diagramu označené a rozšířené o společný průsečík. Hodnota v průsečíku se používá jako nastavená hodnota pro regulátor tlakové difference.

Příklad rychlého výběru nastavené hodnoty pro regulátor tlakové diference pomocí diagramu

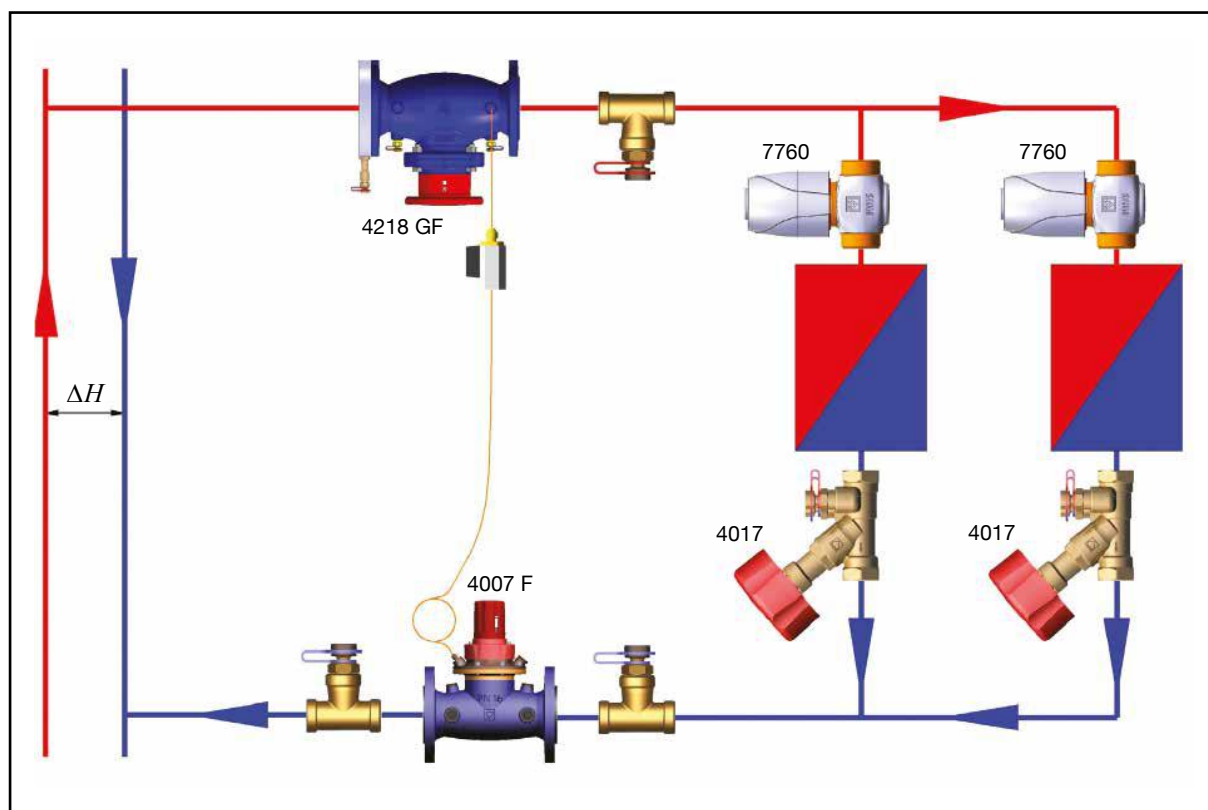
Požadovaná tlaková diference je 400 mbar

Průtok 1 000 l / h

Nastavení hodnoty na stupnici 4



Obr. 8-15



Obr. 8-16 Příklad montáže regulátoru tlakové diference

8.2.2.3 Regulátor objemového průtoku

Použití kombinovaných ventilů (např. Herz 4006 Smart) výrazně zjednodušuje plánování technického systému budovy. Regulační ventil, řídicí ventil, regulátor tlakové diference a uzavírací ventil jsou navzájem zkombinované. Výsledkem je plně řízený regulační ventil se zcela tlakově odlehčenou kuželkou s jednoduchou konstrukcí a obsluhou. Protože je ventil tlakově odlehčený, automaticky reguluje průtok s přihlédnutím na minimální diferenční tlak, požadované ovládací síly jsou minimální a regulační chování je nejvyšší kvality.

Regulátor automaticky omezuje objemový průtok v systému za ním na zvolenou přednastavenou hodnotu, přičemž všechna kolísání tlaku se měří a korigují. Není tedy potřeba žádné měření a řízení je účinné za všech provozních podmínek. Kombinovaný ventil reguluje objemový průtok vlastního přednastavení ventilu na konstantní hodnotu a membrána reguluje na základě tlaku bezprostředně za regulační kuželkou a na základě tlaku před ní. Nastavení předem navrženého průtoku se provádí v procentech a je plynule nastavitelné. Přizpůsobení průtoku, které se vyžaduje po dobu provozu, se na jedné straně provádí pomocí integrovaného regulačního ventilu a pohonu ventilu, na druhé straně se díky integrovanému regulátoru tlakové diference udržuje konstantní takzvaná ventilová autorita. Kolísání tlaku, ke kterému dochází v systému, je kompenzované tělesem membrány. Kombinovaný ventil je rovněž vhodný na plynulou nebo dvoubodovou regulaci (zapni/vypni) jednotlivých místností v systémech vytápění a chlazení místností. Zde se však vždy doporučuje plynulá regulace. Důvodem je to, že u rychle pracujících systémů, jako jsou chladičové systémy nebo ohříváče vzduchu, je nutná plynulá a energeticky úsporná regulace. Maximální úspory energie je možno dosáhnout pouze pomocí modulovatelně regulovaných ventilů. Při plynulé regulaci se objemový průtok plynule reguluje s nejmenšími výkyvy mezi minimální a maximální teplotou v místnosti. Totéž chrání všechny ostatní komponenty specifické pro daný systém, včetně čerpadla. Druhý typ regulace, dvoubodová regulace, se doporučuje pro pomalé systémy, jako je podlahové vytápění. Obzvláště důležité je to, že v dvoutrubkové soustavě s termostatickými ventily a hlavicemi je vyloučeno zapojit do série kombinované ventily - regulátory objemového průtoku.

Příklad návrhu:

Předpokládá se, že spotřebitel potřebuje objemový průtok 300 l/h. Požadovaná hodnota je vyžadovaná pro kombinovaný ventil HERZ 4006 (viz příloha) 1/2 „. Maximální průtok u 1/2“ ventilu je 400 l / h. To znamená, že těchto 400 l / h je 100 % ventilu. Z toho vyplývá, že 300 l / h je 75 % maximálního objemového průtoku. Nyní je nutno pouze nastavit displej na ventilu na 75 % a na kontrolu je vyžadováno měření. Je nutno poznamenat, že pro správnou funkci musí být na ventilu minimální tlakový rozdíl podle standardního listu.



Obr. 8-17 Kombinovaný ventil (Herz 4006 Smart)

8.2.3 Přednastavení termostatických ventilů s termostatickými hlavicemi

Termostatický radiátorový ventil dosahuje v rámci systému vytápění významnou hodnotu.

Termostatický radiátorový ventil plní tyto úkoly:

- snímá teplotu v místnosti
- porovnává tento údaj s nastavenou hodnotou
- a vyrovnává každou odchylku změnou polohy ventilu tak, aby požadovaná pokojová teplota zůstala konstantní. Je pochopitelné, že tuto úlohu není možno vyřešit pomocí ventilu, ale vyžaduje to vysoce kvalitní regulátor.

Protože ventil musí fungovat jako pohon, musí se dimenzování věnovat největší pozornost.

Musí se tedy dodržovat nejen velikost spojení, ale i údaje v katalogových dokumentech. Především je nutno poznamenat, že těleso ventilu a snímací prvek představují konstrukční jednotku.

Přednastavení termostatických ventilů je potřebné pro nastavení jednotlivých radiátorů v jednom potrubí.

Pokud nejsou termostatické ventily přednastavené, budou vytápěné radiátory, které vyžadují méně energie nebo jsou levnější. Ve výsledku musí být termostatický ventil opět zavřený a regulační rozsah se sníží. Maximální objemový průtok je možno nastavit pomocí předvolby, která brání nedostatečnému nebo nadměrnému napájení a ventily mohou pracovat v celém svém regulačním rozsahu.



Obr. 8-18 Termostatické ventily (Herz TS 98 V)



Obr. 8-19 Termostatické hlavice (Herz 7260)

8.2.4 Výběr termostatických ventilů s termostatickými hlavicemi a přednastavením

8.2.4.1 Nové systémy

Při výběru ventilů otopných těles se musí zohlednit technické faktory (průtok vody, tlakový rozdíl) a stavební faktory (výklenky, parapety, vzdálenosti). Ventily se dimenzují vždy na základě jmenovitého průtoku vody, který vyžaduje otopné těleso. S touto hodnotou (v l/h nebo m³/h) se jde do příslušného dimenzovacího diagramu, který jako druhý parametr uvádí tla-

kový spád v barech nebo mm vodního sloupce. Tlakový spád by měl být 2...4 kPa (200-400 mm v.s.). (Hraniční hodnoty: min. 100 mm v.s., max. 800 mm v.s.). Ve smíšených systémech (termostatické a ruční ventily) by se mělo dimenzovat s minimálním tlakovým spádem nebo by ruční ventily měly být přednastaveny odpovídajícím způsobem. Doporučuje se zabudovat obtok s přepouštěcím ventilem, a pokud je to možné, zvolit čerpadlo s regulovanými otáčkami.

Příklad: Nový systém s termostatickým ventilem

Otopné těleso – odevzdávaný tepelný výkon 1000 W

při $\Delta\theta = 20$ K

teplotní spád bude

$$q_v = 0,043 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

TS - rohové vyhotovení DN 15

TS-90-E

$$k_{vs} = 2,3$$

plně otevřený

$$\Delta p = 35 \text{ Pa}$$

při termostatickém provozu $k_{v2} = 0,9$

$$\Delta p = 228 \text{ Pa}$$

RL-5 ventil v odvodním potrubí č. 3924, $k_{v2} = 1,9$ otevřený

$$\Delta p = 51 \text{ Pa}$$

Výsledek:

1. Pro 1 kW topného výkonu je DN 15 příliš velká, stačí i DN 10, v praxi se však většinou nepoužívá. Otopné tělesa mají standardní připojení DN 15.
 2. Termostatický ventil má dosáhnout cca sedminásobný tlakový spád oproti otevřenému ventilu, aby se dosáhlo x_p 2 K.
 3. Ventil v odvodním potrubí je možno nastavit z 51 na 2840 Pa.
 4. TS -ventil a šroubování v odvodním potrubí s přednastavením mají rozsah tlaku od 100 do 2900 Pa.
-

8.2.4.2 Přestavba stávajících systémů na termostatický provoz

Pokud se ventily nasazením termostatických hlavice připraví na termostatický provoz, je nutno vzít do úvahy, že funkce se bude vykonávat pouze tehdy, pokud pásmo proporcionality vnitřní teploty nebude větší než 2 K. To například znamená, že při 18 °C je ventil zcela otevřený a při 22 °C zcela zavřený. Zdvih je cca 2 mm a vykoná se tepelně roztažným tělesem (s lihovou náplní). Při vnitřní teplotě 20 °C zůstává ventil při jmenovitém průtoku vody z poloviny otevřený.

Aby se zachovalo správné regulační chování, jsou potřeba poměrně vysoké hodnoty odporu. Topný okruh se musí dimenzovat s průtokovým součinitelem ventilu pro $x_p = 2$ K, aby po nasazení termostatické hlavice nebyla již potřebná korekce odporu ve větví. Pokud se toto nevezme do úvahy, bude pásmo proporcionality větší a ani nejlepší termostatická hlavice **nebude** mít vyhovující regulační funkci. Samotným nasazením termostatických hlavice není možno zlepšit hydraulicko-teplotní stability systému vytápění. Navíc budou případně potřeba i přepouštěcí ventily.

Proto se doporučuje:

- a) Všechny ventily, které je možno připravit na termostatický provoz, je nutno navrhnout s hodnotou $k_{v,2}$;
- b) Zbývající tlak se poté musí odstranit **ventilem v odvodním potrubí** s přednastavením nebo termostatickým ventilem s přednastavením.
- c) Aby se při provozu při částečně uzavřených ventilech otopných těles tlakový rozdíl na ventilu podstatně nezvyšoval, za čerpadlem je vhodné nainstalovat **přepouštěcí ventil**. Tím se i hluk proudění termostatickým ventilem bude udržovat na nízké úrovni (cca 20 kPa).

Přestavba stávajících systémů

Při změně z ručních na termostatické ventily je nutno zohlednit, že ruční ventily mají tlakovou ztrátu max. 1 kPa.

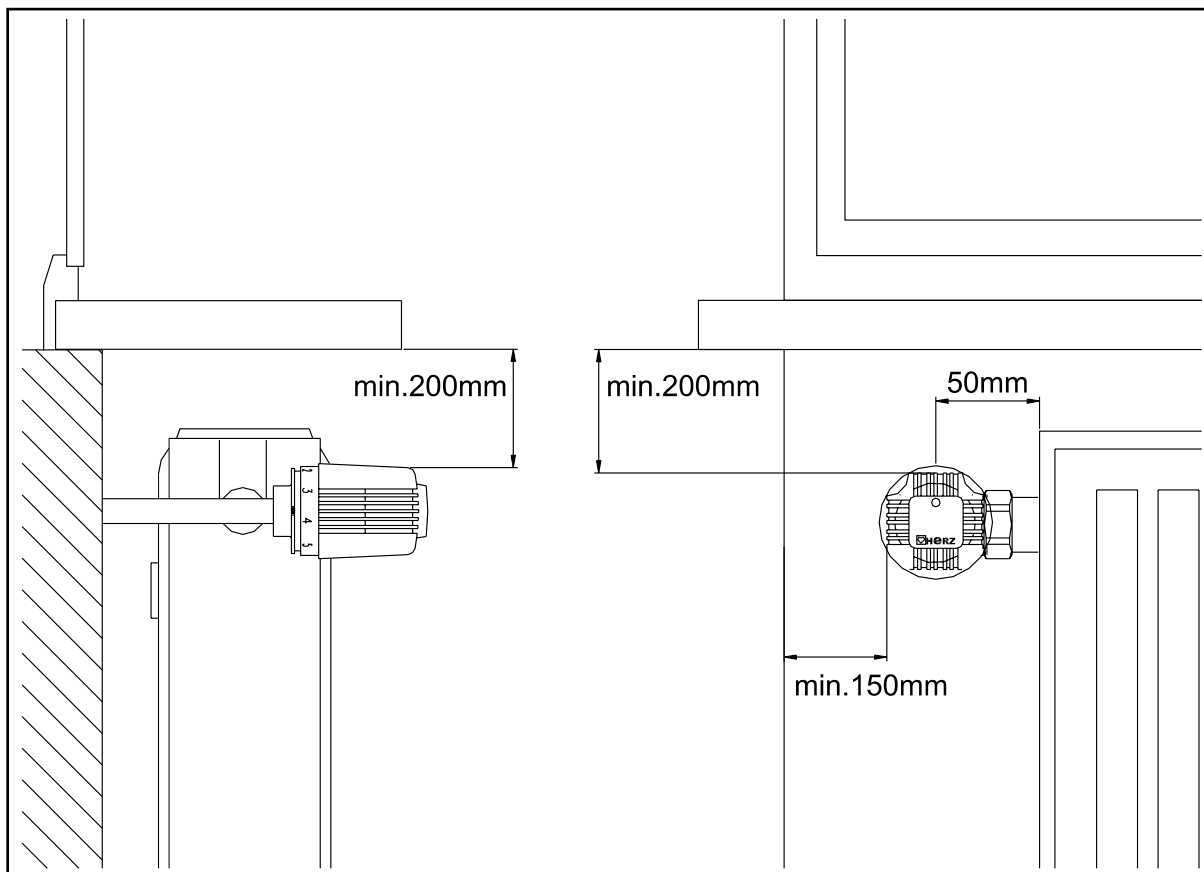
V menších systémech s nízkým tlakem čerpadla je tedy nutno zvolit ventil s malým tlakovým spádem nebo s vyšší hodnotou k_v . To platí i pro klasicky jezdecky napojená jednotrubková zařízení, pro která byly vyvinuty speciální termostatické ventily (HERZ TS-E).

Ve větších systémech, především v nových systémech, termostatické ventily snižují obíhající množství vody o cca 30 %, proto je bez rizika možno počítat s tlakovým spádem na ventilu 4 kPa.

Přídavný tlakový rozdíl 3-4 kPa vytváří čerpadlo v důsledku sníženého průtoku vody (je-li třeba, je nutno příslušně nastavit zasouvací uzávěř nebo obtok). Při pouze částečně realizované změně (termostatických a ručních ventilů) by se mělo počítat s minimálním tlakovým spádem nebo přizpůsobit přednastavení ručních ventilů.

8.2.5 Výběr snímačů termostatických ventilů nebo jejich umístění

Při regulaci vnitřní teploty termostatickými ventily otopných těles je důležité při výběru a montáži snímačů zohlednit několik jednoduchých pravidel.



Obr. 8-20 Termostatické ventily – minimální vzdálenosti

Pokusy ukázaly, že s ohledem na dostatečné proudění vzduchu v místě zabudování termostatického ventilu je nutno dbát na některé vzdálenosti.

Prvky se zabudovanými snímači je nutno montovat vodorovně.

Snímač nesmí být osazený přímo nad topným potrubím nebo ve svislé poloze, protože stoupající teplo by mohlo vyvolat proces zavírání, přičemž vnitřní teplota by však mohla být příliš nízká.



Obr. 8-21 Uspořádání prostorových snímačů nebo termostatických hlav

Nastavení a omezení rozsahu nastavení

Uspořádání snímačů

Termostatické snímací prvky jsou z výroby sériově přesně nastavené a obvykle nepotřebují žádné dodatečné vyvážení.

Na termostatických ventilech se musí dát nastavit omezení podle individuálních požadavků. Zpravidla je omezena max. nastavitelná vnitřní teplota.

Blokování a vymezení požadované hodnoty znamená trvale požadovanou hodnotu pro určitý prostor (např. čekárna, schodiště atd.) Omezení nebo blokování se má uskutečnit, pokud jsou namontovány snímací prvky a už byly dosaženy a naměřeny omezovací nebo blokovací teploty.

Zvláštní pokyny

Zabezpečení proti mrazu

Rozsah nastavení termostatického ventilu otopného tělesa má ve své dolní části polohu ochrany před mrazem (otevírání v rozmezí +4 °C až +8 °C).

Přesnost

Přesnost regulace je daná výběrem výrobku, dimenzováním a použitím (umístění a volba snímače).

Hystereze

Hystereze je výraz pro teplotní odchylku, která je potřeba na překonání vnitřní setrvačnosti termostatického ventilu. Vnitřní setrvačnost je způsobená zejména třením. Hysterezi je možno měřit a nesmí podle normy EN 215 překročit 1 K. Čím menší je tato hodnota, tím přesnější je regulátor.

Pokyn

Každému zákazníkovi předejte odpovídající návod na obsluhu.

Norma

Používejte jen termostatické ventily, které odpovídají normě EN 215.

Teplota

Pokud cítíte, že horní část otopného tělesa je teplá a spodní část studená, je to důkaz regulačního chování termostatického ventilu.

System

Doporučuje se filtr na udržování čistoty topné vody.

Přestavba

Při přestavbě stávajících systémů s ručními ventily otopných těles (HV) a ovládním podle venkovní teploty na systémy s termostatickými ventily otopných těles (TV) je nutno brát do úvahy následující body.

- Aby se v malých systémech vytápění dalo zabránit dodatečné výměně čerpadla, měly by se použít TV s přibližně stejnou tlakovou ztrátou, jako mají HV určené na výměnu.
- Ve větších systémech je nutno zvolit všechny TV s vysokým tlakovým spádem. Ve větších systémech se vyššího odporu TV dosáhne automaticky v důsledku menších průtoků vody čerpadla. Různé HV způsobují problémy při montáži.

8.2.6 Výběr čerpadel a vznik hluku

V systému vytápění s termostatickými ventily prakticky nikdy neprochází jmenovitý průtok vody.

V praxi jsou to proměnlivé průtoky mezi 100 % a 50 %, v extrémních případech i méně. K nárůstu tlaku čerpadla, který je podle charakteristiky čerpadla větší nebo menší, se při sníženém objemovém průtoku přidává ještě i kvadraticky se snižující odpor potrubní sítě.

Hranice hluku

Hraniční hladina hluku termostatických ventilů je 30 dB(A) a nesmí se překročit.

Pokud se ventily v topném okruhu uzavřou, zvýší se tlakový rozdíl vznikající na ventilu. Pokud je tlakový spád na ventilu větší než 2 m v.s., objeví se problémy s hlukem.

9 DIMENZOVÁNÍ DVOJTRUBKOVÝCH TEPLOVODNÍCH SYSTÉMŮ VYTÁPĚNÍ

Oběhové čerpadlo musí překonat tlakové ztráty, které vznikají oběhem vody.

Dimenzování potrubní sítě je možno provést dvěma způsoby:

- 1) pomocí volby rychlosti proudění v potrubí
- 2) pomocí akceptování průměrné ztráty třením v potrubí

9.1 Dimenzování systémů vytápění volbou rychlosti proudění v potrubí

Jako směrné hodnoty pro výběr rychlosti slouží:

svisé potrubí

$$w < 0,8 \text{ m/s min. DN 25}$$

rozvodné potrubí

$$w < 1,0 \text{ m/s až po DN 65}$$

vytápěcí centrály

$$w = 0,5 - 1,0 \text{ m/s}$$

vzdálený přípoj otopného tělesa

$$w = 0,2 - 0,3 \text{ m/s}$$

dálkové rozvody

$$w = 2,0 - 3,0 \text{ m/s}$$

To umožňuje zvolit standardizovaný průměr potrubí.

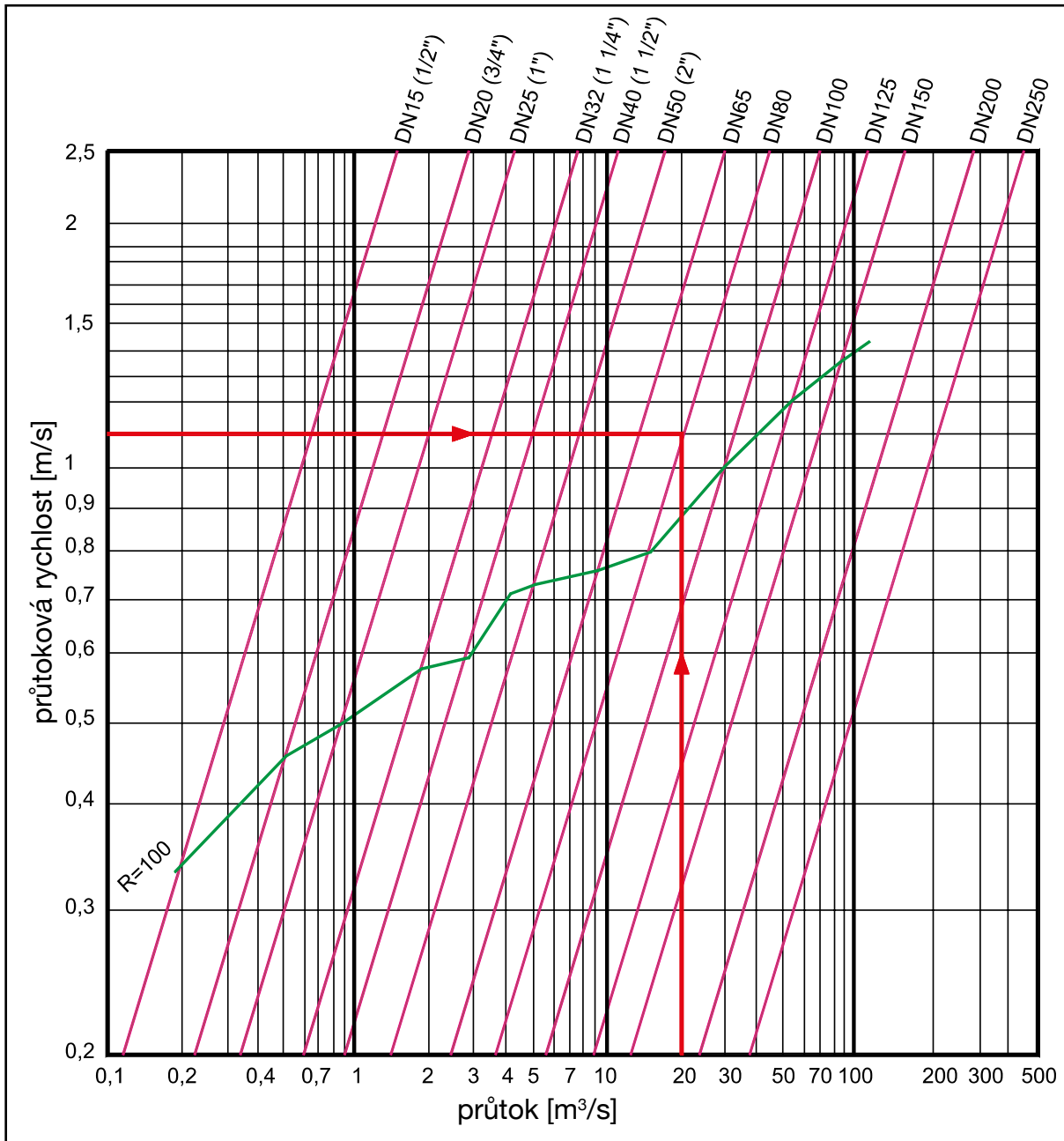
Tímto způsobem je možno určit tlakový spád. Pokud se vypočítaný a zadaný tlakový spád vzájemně liší, je možno na určení změněného tlakové spádu použít jiný normový průměr potrubí.

Tato metoda se přednostně používá v potrubních sítích, ve kterých se nedá předem přesně odhadnout podíl vřazených odporů na celkové tlakové ztrátě, jak to vyžaduje druhá metoda.

Návrh potrubí pro vodu

Jmenovitou světlost přívodního a odvodního potrubí je nutno navrhnout podle výpočtu potrubní sítě.

Pokud není k dispozici výpočet potrubí sítě, je možno zjistit potřebnou jmenovitou světlost potrubí z diagramu (obr. 9-1) za předpokladu určité rychlosti proudění při daném průtoku. Rychlostem proudění nad 2 m/s by se mělo zabránit.



Obr. 9-1 Diagram pro návrh potrubí

Příklad: Určení jmenovité světlosti potrubí

Hledáme potřebnou jmenovitou světlost potrubí pro průtok $20 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ při přípustné rychlosti proudění $1,1 \text{ ms}^{-1}$ (pozri obr. 9-1)

Výsledek podle diagramu: DN 80

9.2 Dimenzování systémů vytápění akceptováním průměrné ztráty třením v potrubí

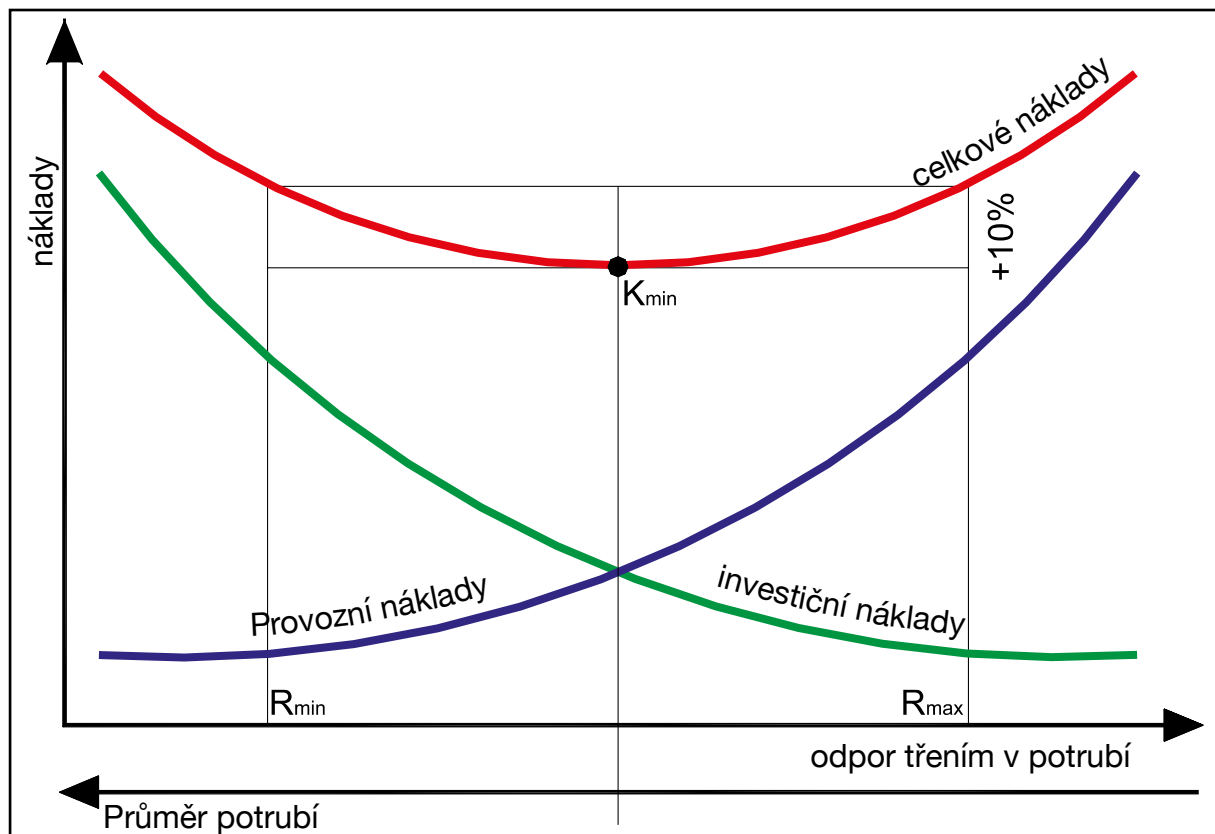
Tato metoda se dalekosáhle osvědčila jako způsob výpočtu pro široko rozvětvené potrubní sítě. Tlak čerpadla je součtem ztrát v potrubí.

$$p_p = \sum (R \cdot l + \Delta p_E) + \Delta p_V$$

Tyto se určují v okruhu s největším tlakovým spádem, např. nejvzdálenějšímu otopnému tělesu.

Při vysokém tlaku čerpadla je malá světlost potrubí, a tudíž nízké náklady systému, ale s potřebou výkonu čerpadla rostou provozní náklady. Opačně to platí při nízkém tlaku čerpadla. Protože je poměrně obtížné vypočítat hospodárně nejvýhodnější systém při minimálních nákladech, za normálních podmínek je možno pro střední topný okruh brát za základ hospodárny tlakový spád.

předběžně $R = 100$ až $200 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$



Obr. 9-2 Křivka nákladů

Pokyn pro dimenzování

Hlavní rozvodní síť systémů vytápění se doporučuje dimenzovat podle metody „konstantního tlakového spádu“.

Podle rozměrů potrubí dostaneme následující parametry pro:

Δp_R = tlakový spád na metr potrubí
a

w = rychlost v potrubní síti. ¹⁾

Tab. 12-1

do DN 80	$\Delta p_R = 100 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$	$w = 0,25 \text{ až } 1,0^{2)} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
DN 100 až DN 200	$\Delta p_R = 70 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$	$w = 0,90 \text{ až } 1,5^{2)} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
DN 250 až DN 500	$\Delta p_R = 50 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$	$w = 1,20 \text{ až } 2,0^{2)} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

- 1) Toto doporučení je nutno použít zejména pro hlavní rozvodní síť. Je stanoveno při teplotě vody $\theta_w = 60^\circ \text{ C}$, střední drsnosti stěn potrubí $k = 0,045 \text{ mm}$, a kinematické viskozitě $\nu = 0,475 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- 2) **Menší** rychlost se vztahuje vždy na **nejmenší** vztahný rozměr potrubí, **větší** rychlost na **největší** aktuální průměr potrubí.

Dálkové rozvody:
Směrné hodnoty jsou v rozmezí 2....2,5 m/s a 250....300 Pa/m

9.3 Teplovodní systém vytápění s přirozeným oběhem

Účinný tlakový rozdíl:
V kotli se ohřívá voda a v otopném tělese se opět ochladí. V každém bodě ochlazování se účinný tlakový rozdíl vytvoří tak, jako by bylo zabudováno malé čerpadlo. Účinný vztlak při 90/70 °C je možno vypočítat z rozdílu hustot:

$$\Delta p = g \cdot h \cdot (\rho_R - \rho_V)$$

$$9,81 \cdot (977,7 - 965,2) \cdot h = 122,6 \cdot h \text{ v Pa}$$

výška h v m.

Výpočet potrubní sítě se provádí analogicky jako při vytápění s nuceným oběhem. I při vytápění s čerpadlem působí přirozený oběh. Je však tak malý, že se při ručním výpočtu zanedbává. Pokud se od systému vytápění s čerpadlem požaduje funkce nouzového chodu, je nutno dbát na správné vedení potrubí. Tlakový spád se přitom stanoví pro $R = 25$ až 30 Pa/m . Rychlost vody je okolo $0,3 \text{ m/s}$.

Etážový systém vytápění s neizolovaným potrubím

Otopné těleso s nejdelším přípojovacím okruhem má v důsledku tepelných ztrát potrubí rovněž největší účinný vztlak. Proto je možno počítat s $R = 1,5$ až 2 Pa/m . Takovýmto systémům je nutno se vyhnout z důvodu špatné regulovatelnosti z energetických důvodů. Do systémů s přirozeným oběhem je nutno osazovat ventily otopných těles s malým tlakovým spádem (např. HERZ-TS-E).

9.4 Výpočet paralelně zapojených částí potrubní sítě

9.4.1 Princip hydraulické rovnováhy

Tlakový spád v paralelně zapojených částech systému vytápění musí být vždy stejně velký.

(Porovnej zákony elektrického paralelního zapojení.)

Zbývající tlakové rozdíly

Poté, co jsou nadimenzovány nejvíce nevýhodné dílčí úseky, počítají se ostatní připojení. Například je nutno dimenzovat nejbližší větev u čerpadla.

V bodě odbočení mezi přívodním a zpětným potrubím působí plný dopravní tlak čerpadla, od kterého je odečten už spotřebovaný tlak až po odbočku = **zbývající tlakový rozdíl** nebo Δp = uzlový tlakový rozdíl KDD. Tento tlakový rozdíl je k dispozici pro dimenzování potrubí v odbočce:

$$\text{předběžný} \quad R = \frac{a \cdot (KDD - p_v)}{l}$$

V tomto případě je nutno dosadit za l délku potrubí od bodu odbočení až po nejvzdálenější otopné těleso a zpět až do bodu spojení. Předběžně se vychází z odhadu, jak velký je procentní podíl odporů třením v potrubí na celkové tlakové ztrátě.

Směrná hodnota pro podíl a u obvyklých systémů:

- dálkové rozvody
tření v potrubí 90 %, vřazené odpory 10 %
 $R \cdot l = 0.9 \cdot \Delta p_{celk}$
- vytápěcí zařízení v bytovém domě
tření v potrubí 67 %, vřazené odpory 33 %
 $R \cdot l = 0.67 \cdot \Delta p_{celk} = 2/3 \cdot \Delta p_{celk}$
- vytápěcí centrály
tření v potrubí 10 %, vřazené odpory 90 %
 $R \cdot l = 0.1 \cdot \Delta p_{celk}$

Odpory pro speciální armatury, např. p_v regulačních ventilů, je nutno odečíst od KDD.

Dimenzování paralelně zapojených dílčích úseků je možno provést na základě této průměrné předběžné hodnoty R pomocí tabulek tření v potrubí.

Protože průměry potrubí jsou jen zhruba odstupňované a určité velikosti potrubí u přípojů otopných těles, např. 3/8" a 8x1 nejsou vyžadovány, zůstává **zbytkový tlak** p_R . Aby byl dosažen výše uvedený hydraulický princip, je nutno zbytkový tlak odstranit ventily s přednastavením.

Přednastavení

Ventily se nastaví speciálním klíčem na maximální otevření ventilu nebo na minimální tlakový spád. Přitom vznikající tlakový spád má odpovídat zbytkovému tlaku.

Již nastavené přednastavení VE nesmí být ovlivněno uzavíráním nebo otevíráním ventilu.

Hydraulické vyvážení

Potrubní systémy je nutno vyvážit na skutečný průtok vody. Vyvážení potrubního systému na požadovaný průtok se může provést pouze **měřením průtoku**. Na to je nutno do svislých potrubí zabudovat armatury s měřicím zařízením, např. větvové vyvažovací ventily HERZ – STRÖMAX-GM nebo HERZ- STRÖMAX-M.

9.5 Potrubní síť při zadaném čerpadle

Pokud je zadané čerpadlo, např. u nástěnného plynového kotle, je nutno potrubí sít nadimenzovat tak, aby se nepřekročil maximální dispoziční tlak čerpadla. Potrubní síť se nadimenzuje s předběžnou hodnotou R .

$$\text{předběžný } R = \frac{a \cdot \Delta p_p}{l_K}$$

kde:

Δp_p kPa tlak čerpadla (u nástěnných (plynových kotlů nejčastěji 2 m v.s. = 20 kPa = 0,2 bar)

l_K m délka topného okruhu k nejbližšímu

9.6 Krokový postup při dimenzování teplovodního systému vytápění s nuceným oběhem

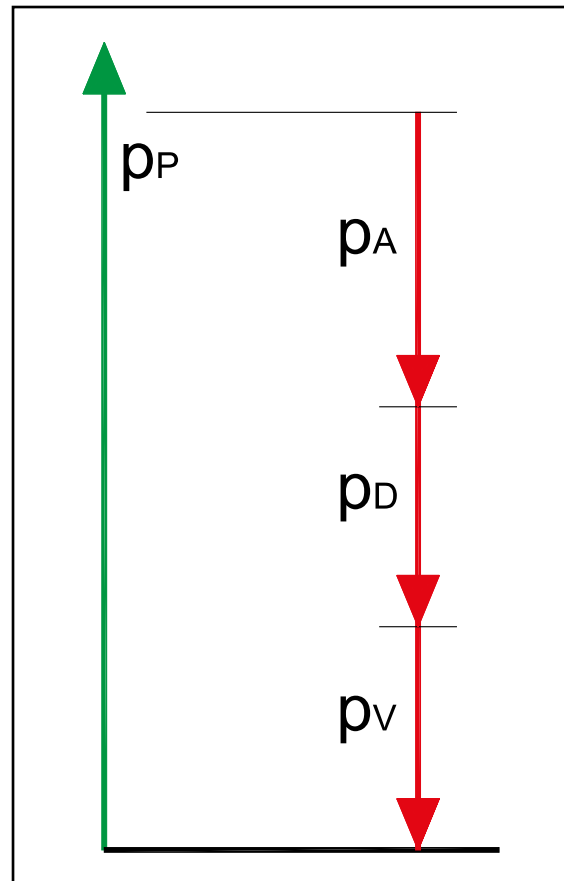
Jednotlivé kroky návrhu se mohou provést podle následujícího seznamu. Vzory formulářů H se nachází v příloze.

1. Určení potřebné dopravní výšky čerpadla

Schematický postup je na obr. 9-5 (str. 127).

- Vymezení dílčích úseků potrubí sítě
- Zatížení dílčích úseků ve W nebo $kg \cdot s^{-1}$ z návrhu topných ploch (formulář H 104 – viz strana 173). Přitom je nutno spočítat hmotnostní průtok q_m při skutečném teplotním spádu v otopném tělese.
- Stanovit střední topný okruh a délky uvést do tabulky H 105 (viz strana 175)
- Pro tento topný okruh se potrubí dimenzují s $R = 100 \dots 150 \text{ Pa/m}$
- V tabulce H 106 (viz strana 174) se vypočítají hodnoty odporů a přenesou se do tabulky H 105 (viz stran 175).
- Do tabulky H 105 se uvedou skutečné R a w z tabulky tření v potrubí (v příloze)
- Vypočítejte součet $R \cdot l + \Delta p_E =$ skutečný tlakový spád každého dílčího úseku

- Tlakový spád systému (spotřebitelský okruh) p_A je součet $R \cdot l + p_E$
- Pro určení regulačního ventilu se začne podle výše uvedeného, s výpočtem úseku s proměnlivým průtokem (např. okruh kotle při regulaci směšování) $p_D < p_V$
- Součet Δp uvedených ve sloupci udává potřebnou dopravní výšku čerpadla = tlaková ztráta systému p_A + tlaková ztráta úseku s proměnlivým průtokem p_D + tlaková ztráta regulačního ventilu / ventilů p_V
 $p_P = p_A + p_D + p_V$



Obr. 9-3 Tlakový diagram

2. Výpočet paralelně zapojených částí potrubní sítě

Schematický postup je na obr. 9-6 (str. 128).

- Označit odbočující část potrubní sítě nejbližší situovanou ke koncovému bodu a vymežit uzlový bod.
- Účinný uzlový tlakový rozdíl KDD je daný už nadimenzovaným dílčím úsekem.
- Vypočítat předběžný $R = \frac{a \cdot (KDD - p_v)}{l_A}$ pro odbočku (paralelně zapojené potrubí) s l_A = celková délka odbočky a zvolit potrubí.
- Potom se počítá stejně jako výše skutečný tlakový spád $\Delta p_{skut} = R \cdot l + \Delta p_E$.

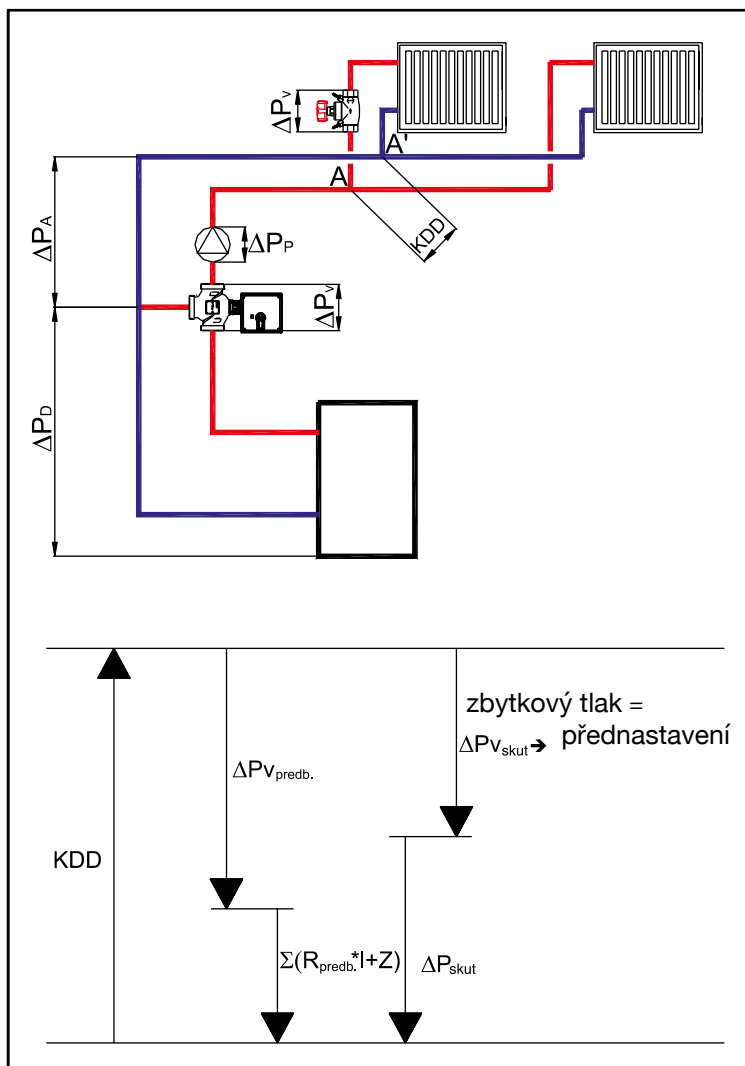
- Zbytkový tlak $\Delta p_R = KDD - \Delta p_{skut}$.
- Odstranění tlaku ventilem s přednastavením $\Delta p_V = \Delta p_R$

Poznámka

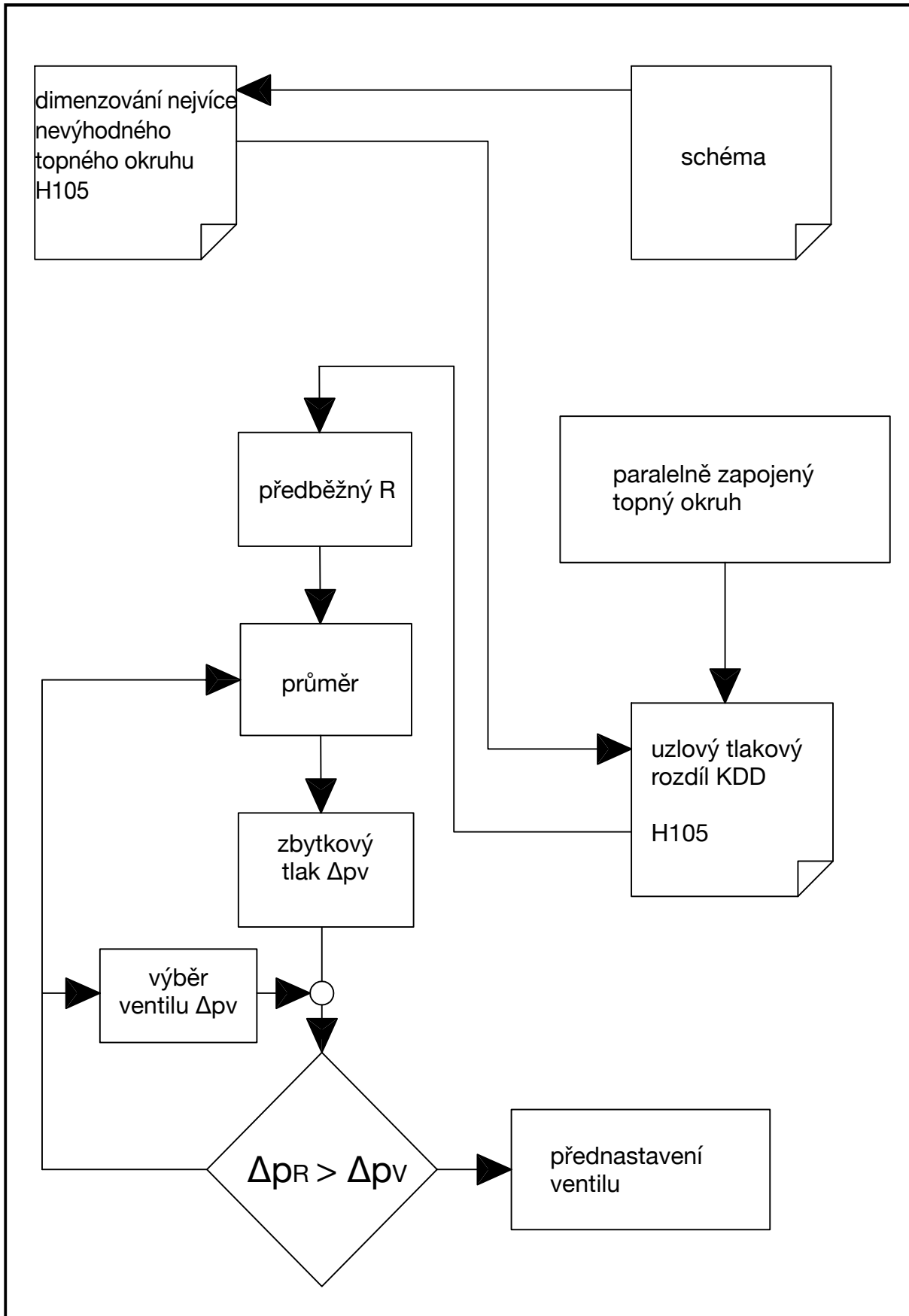
- Je výhodné vypočítat Δp_{skut} bez ventilu.
- Pokud by byl $\Delta p_V > \Delta p_R$, je nutno zvětšit průměr potrubí. Pokud je $\Delta p_V < \Delta p_R$, je nutno průměr potrubí zmenšit.

U nejbližší odbočující části potrubní sítě se opět určí KDD = tlakový spád pod bodem 1) už vypočítaných dílčích úseků a počítá se dále stejně, jako je uvedeno výše.

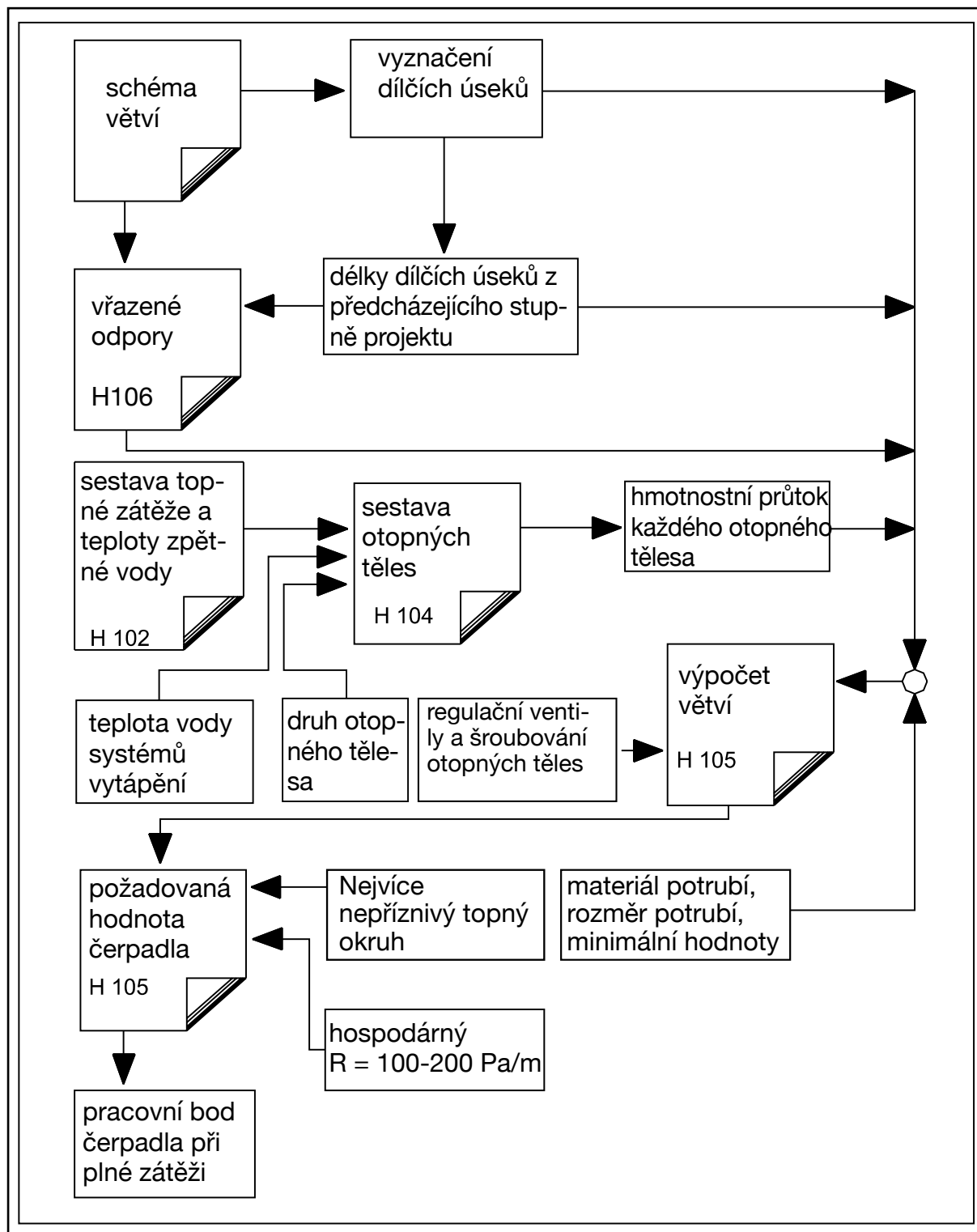
Na obr. 9-4 jsou tlakové poměry znázorněné graficky.



Obr. 9-4 Přednastavení ventilu pro zbytkový tlak



Obr. 9-5 Schematický pracovní postup při dimenzování teplovodního topení



Obr. 9-6 Schematický pracovní postup výpočtu potrubní sítě teplovodního systému vytápění s paralelně zapojenými dílčími úseky

9.7 Regulační ventily otopných těles

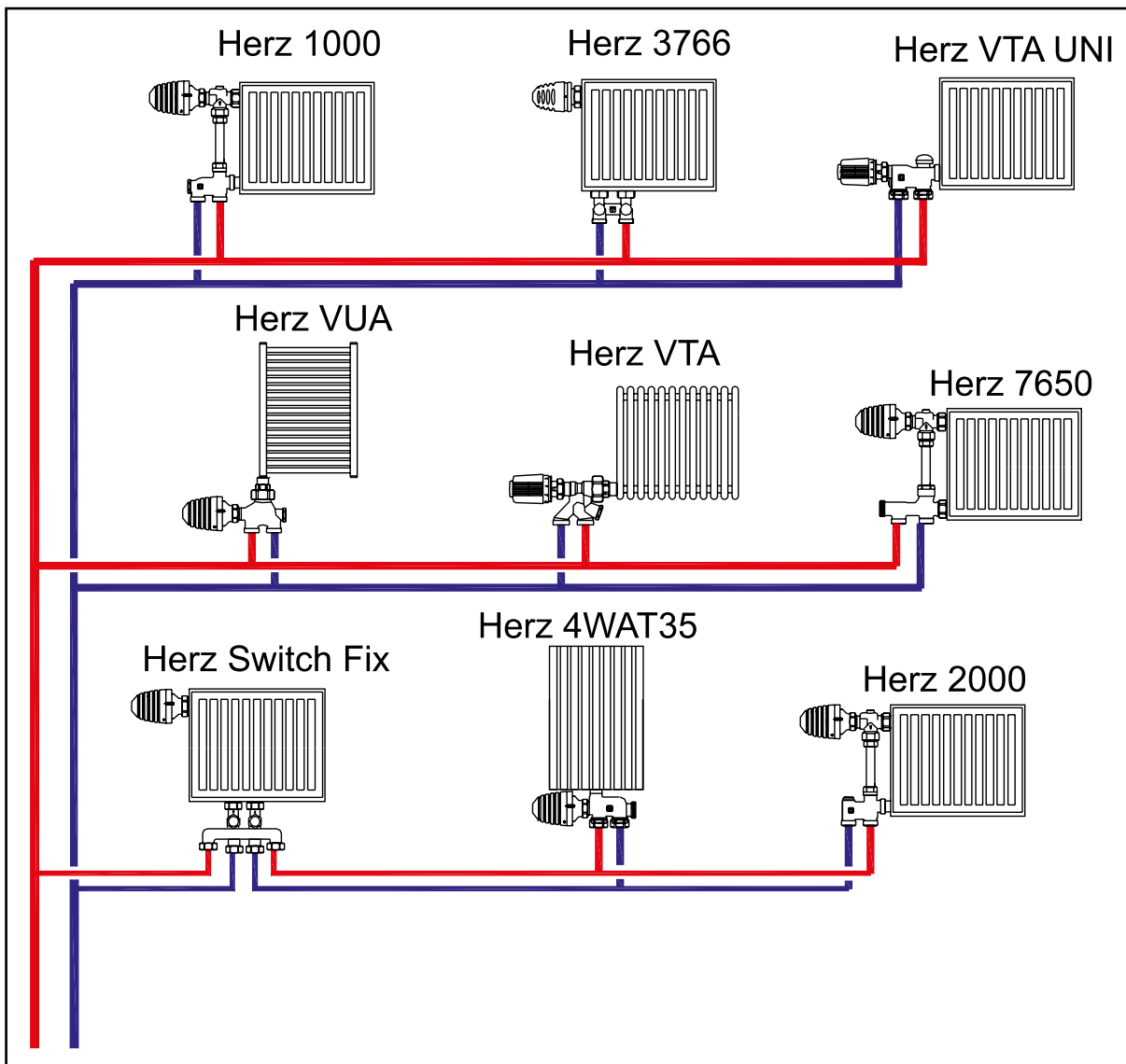
Ventily by měly splňovat následující požadavky: Uzavírací a regulační armatury: (kohouty, kulové uzávěry)

- snadné a rychlé ovládání
- materiál ručního kolečka nebo páky: tepelně odolný se špatnou tepelnou vodivostí
- bezpečné uzavírání a dobrá těsnost
- těsnicí plocha s vysokou odolností proti korozi, mechanickým a tepelným vlivům
- dobrý přístup k těsnicím plochám a ucpávkám
- snadná vyměnitelnost jednotlivých součástí

Regulační armatury pro topné plochy, např. regulační ventily otopných těles, musí splňovat i následující požadavky:

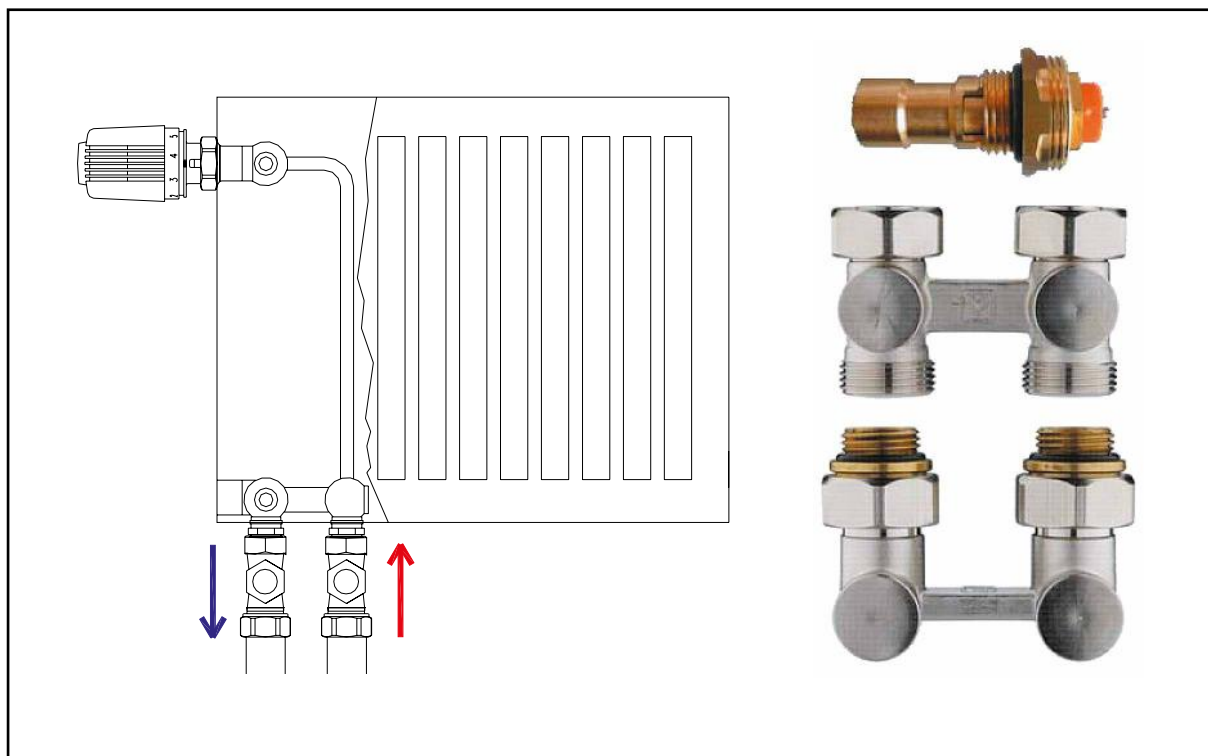
- otáčením ručního kolečka se má vytvořit proporcionální (výkonový) škrticí efekt
- regulační armatura má přednastavení odporu ventilu, které je zvenku viditelné a které je možno snadno a lehkou ovládat.

Obrázek 9-7 ukazuje různé způsoby připojení prostorových otopných těles pomocí armatury firmy Herz



Obr. 9-7 Armatury otopných těles dvojtrubkového systému vytápění

Otopné těleso s integrovanou ventilovou soupravou pro dvojtrubkový systém je na obr. 9-8.



Obr. 9-8 Připojení otopného tělesa s integrovanou soupravou ventil pro dvojtrubkový systém vytápění

9.8 Rozdělovače a sběrače v systémech vytápění

Slouží na centrální uspořádání více spotřebičů. Mohou to být okruhy podlahového vytápění nebo jednotlivé přípojky otopných těles vedené k tělesům samostatně.

Na rozdělovač je nutno osadit speciální ventily nebo regulovatelné vložky, např. typu Topmeter (firmy HERZ), pro každý topný okruh na vyvážení průtoku vody (obr. 9-9).

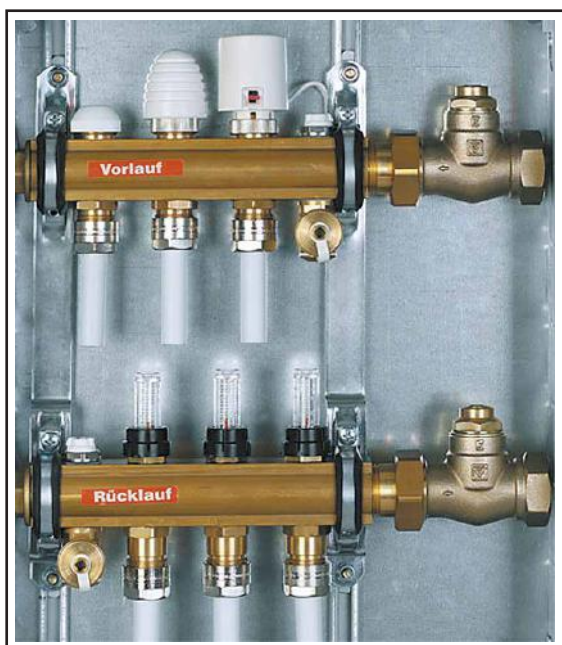
Průtokoměr se instaluje na rozdělovač nebo sběrač a slouží na ruční nastavení průtoku vody.

Otáčením nastavovacího prvku průtokoměru se nastaví průtok, jeho hodnotu je možno odečíst na stupnici.

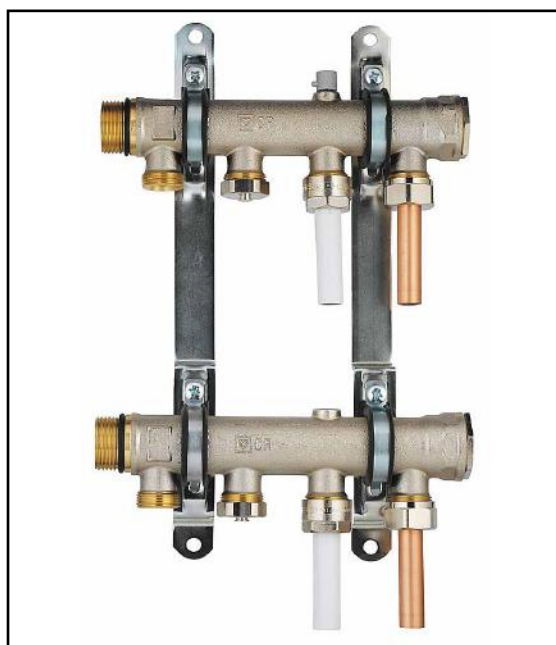
U rozdělovačů a sběračů se rozlišuje tyčový a kompaktní rozdělovač.

Tyčové rozdělovače se řežou z tyčového lisovaného profilu, a proto se dají vyrobít v libovolné délce.

Naproti tomu kompaktní rozdělovače se odlévají, a proto mají přesně určený počet výstupů nebo vstupů. Tento počet se nemůže měnit.



Obr. 9-9 Tyčový rozdělovač (Herz 8532)



Obr. 9-10 Kompaktní rozdělovač (Herz 8451)

Rozdělovací systém

Rozdělovací systém je dvojtrubkový systém, při kterém je každé topné těleso přímo připojené na rozdělovač.

10 DIMENZOVÁNÍ JEDNOTRUBKOVÝCH TEPLOVODNÍCH SYSTÉMŮ VYTÁPĚNÍ

Otopná tělesa se připojují na straně přívodu a odvodu na stejné potrubí. V systému s paralelním zapojením a obtokem přitom odbočí dílčí průtok přes otopné těleso. U systému s nuceným oběhem se 100 % vody v okruhu otopného tělesa vede přes topné plochy, např.:

- konvektory
- podlahové vytápění
- stěnové vytápění.

Pro lepší rozlišení budeme teploty v okruhu označovat jako θ a teploty otopných těles jako t .

Návrh zahrnuje hydraulickou část a tepelnou část (velikost topné plochy v závislosti na uspořádání a teplotním spádu).

10.1 Jednotrubkové systémy vytápění s paralelním zapojením a obtokem

Jednotrubkový systém – jezdecké uspořádání
Použití jednotrubkového systému se zkratkou a otopnými tělesy s jezdeckým napojením je vhodné u starých staveb i v novostavbách jako etážové vytápění. Doporučuje se však i u různých topných zón (obr. 10-1).

Výhody

- úspora potrubí
- škrcením regulačními ventily otopných těles zůstává množství oběhové vody přibližně konstantní
- žádné průrazy podlah a stropů
- nejjednodušší a nejlevnější potrubní systém vytápění

Nevýhody

- je potřeba vyšší tlak čerpadla
- topný výkon jednotlivých otopných těles je možno v místě většinou jen omezeně regulovat

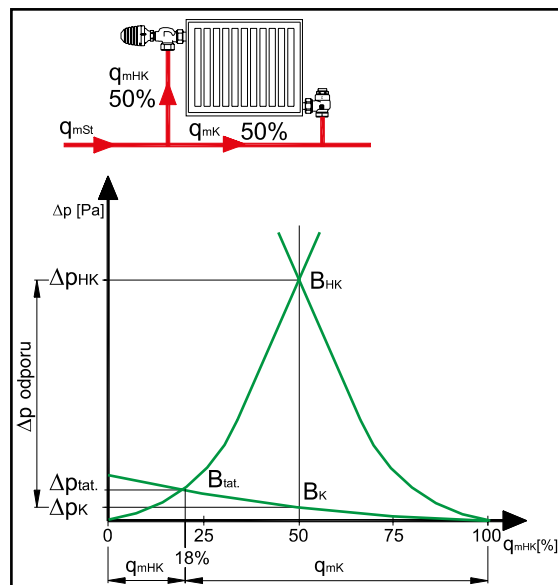
Na dimenzování se používají tři metody

1. přibližný postup podle Reichowa
2. výpočet podle vyvažovacího vzorce
3. grafický způsob podle Helmkeera

V každém případě se musí splnit rovnovážná podmínka pro paralelní odpory.

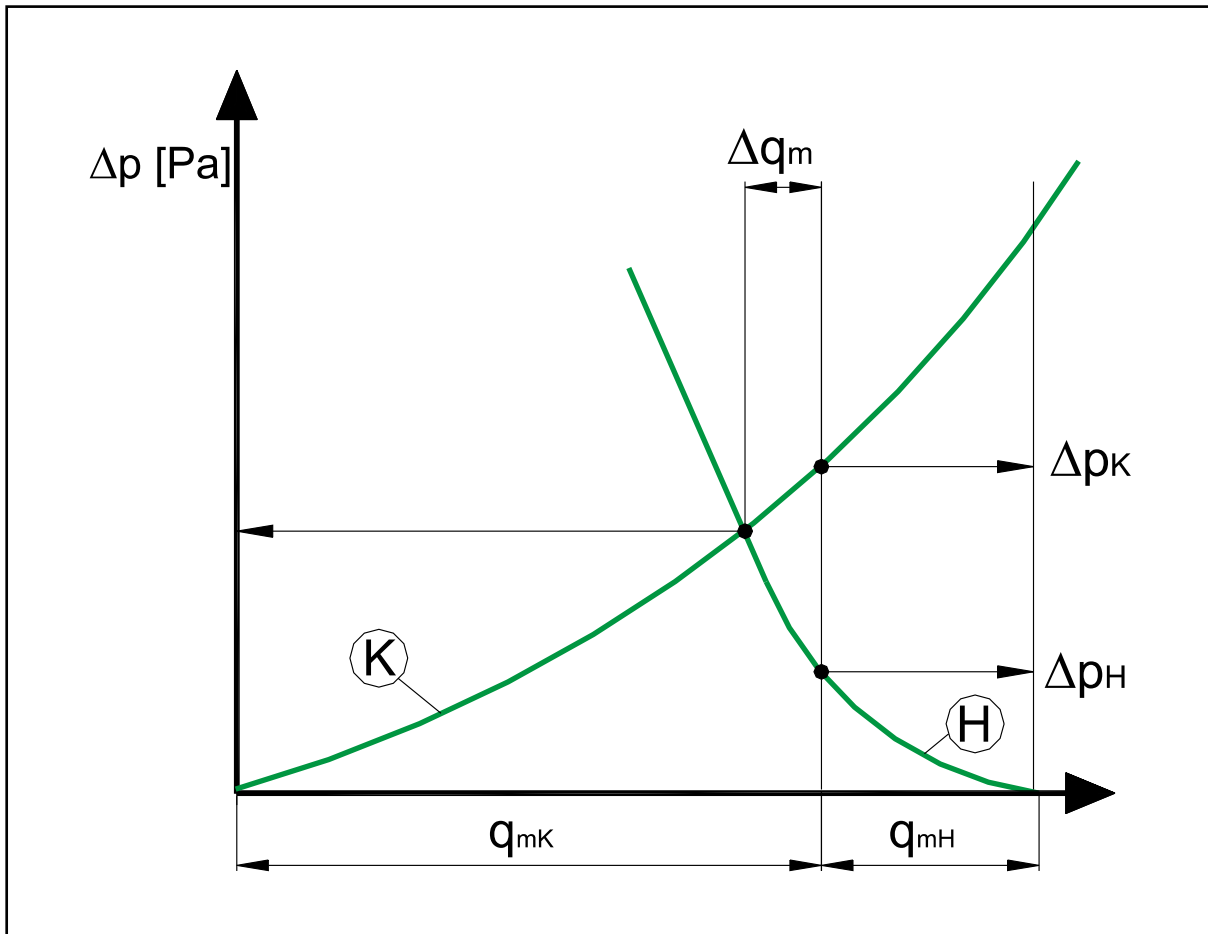
Hydraulická rovnováha je zřejmá z obr. 10-1.

Rozdělování vody je stanovené na 50/50 %. V tomto diagramu podle Helmkeera byly vyznačeny tlakové spády při 50 % průtoku vody okruhem pro zkratku B_K a na otopném tělese s ventilem B_{HK} . Z toho dostaneme průsečík obou charakteristik potrubní sítě při B_{lat} . Skutečný průtok vody otopným tělesem se ustálí na 18 %. Protože to je málo, musí se do zkratky osadit přidavný odpor $B_{HK} - B_K$. Tím se dosáhne požadované rozdělení 50/50 %.



Obr. 10-1 Hydraulická rovnováha

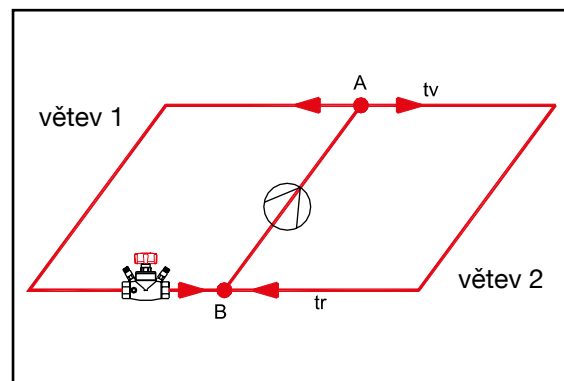
Podle vyvažovacího vzorce je možno vypočítat rozdíl průtoků vody Δq_m , který se má vyvážit.



Obr. 10-2 Vyvažovací vzorec

Protože tlaková ztráta v jednotrubkových systémech vytápění je asi 2-4 krát větší než v běžných potrubních systémech vytápění, měl by se výkon od cca 10 - 15 kW rozdělit do dvou nebo více topných zón. Přitom tlakové ztráty v jednotlivých topných zónách musí být stejně velké. Pokud vycházíme z obvyklých velikostí ventilů na trhu, na jednu větev je při teplotním spádu 15 K možno připojit max. 6-8 kW. Při větším výkonu se topný okruh rozdělí na dva nebo více okruhů (obr. 10-3).

Vyvážení tlaku jednotlivých okruhů se uskuteční větvovým vyvažovacím ventilem.



Obr. 10-3 Vyvážení tlaku vyvažovacím ventilem

Návrh topného okruhu

Potřebný průtok vody topným okruhem se vypočítá z výkonu topného okruhu:

$$m_R = \frac{\Sigma \Phi_{HK}}{c(\theta_V - \theta_R)_R}$$

příčemž pro příznivý návrh topných ploch by teplotní spád měl být cca 10-15 K. Dále je nutno volit ne příliš malou rychlost vody, protože by to vedlo k velmi malému průtoku topné vody otopnými tělesy. Tím by se potřebná tlaková ztráta ve zkratce stala příliš malou. Při rychlosti vody nad 1 m/s však dochází k rušivým zvukům při proudění.

Proto je požadován návrh $w = 1 \text{ m/s}$ a $R = 100 \text{ Pa/m}$.

Možnost vyvážení tlaku je daná vyvažovacími ventily otopného okruhu na rozdělovači. Potrubí může vést vodorovným i svislým směrem. U svislého potrubí je možný spodní i horní rozvod nebo kombinace obou možností. U vodorovného potrubí jsou často potřebné rozvody vedené pod dveřmi. Teplotní spád v otopném tělese by se měl volit co největší, aby se dosáhla dobrá regulace topného výkonu.

Výhody vodorovného vedení potrubí

- možnost uzavření a regulace po podlažích (měření)
- méně stropních průrazů
- snadnější pozdější napojení v případě nástavby.

U zabudovaného čerpadla, např. v plynovém ohříváči vody, je nutno vyzkoušet, zda tlak čerpadla je dostatečný (pracovní bod systému) např. u termobloku: 25 kPa zbývající dopravní výška pro připojený okruh.

Tlakový spád v okruhu se vypočítá podle:

$$\Delta p = R \cdot l + \Delta p_E + \Delta p_V$$

kde:

R	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$	tlakový spád = $f(m, D)$
l	m	délka topného okruhu
Δp_E	Pa	tlakový spád na vřazených odporech
Δp_V	Pa	tlakový spád na ventilech

$$\Delta p_E = \zeta \frac{\rho w^2}{2}$$

U speciálních ventilů následuje určení předběžného R pro výběr potrubí topného okruhu:

$$\text{předběžný } R = \frac{a \cdot (\Delta p - \Delta p_V)}{l}$$

Pokud je daná dopravní výška H oběhového čerpadla, bude předběžný R :

$$\text{předběžný } R = \frac{H}{2l}$$

pokud dosadíme 50 % pro vřazené odpory.

Výběr připojení otopného tělesa

Aby střední teplota otopného tělesa příliš nepoklesla a snížený výkon odevzdávání tepla zůstal co nejmenší, teplotní spád otopného tělesa HK $\Delta \theta_{HK} = \Delta \theta_{VHK} - \Delta \theta_{RHK}$ by měl být cca 15 K.

Požadovaný poměr průtoků vody bude:

$$\begin{aligned} \frac{q_{mHK}}{q_{mR}} &= \frac{\Phi_{HK} \cdot c \cdot (\theta_{VR} - \theta_{RR})}{\Sigma \Phi_{HK} \cdot c \cdot \Delta \theta_{HK}} = \\ &= \frac{\Phi_{HK} (\theta_V - \theta_R)}{\Sigma \Phi_{HK} \Delta \theta_{HK}} = \\ &= \frac{\text{otop. těleso} - \text{průtok}}{\text{okruh VT} - \text{průtok vody}} \end{aligned}$$

Průtok vody otopným tělesem

Na základě rovnováhy je tlakový spád zkratky a otopného tělesa HK

$$\Sigma (R \cdot l + \Delta p_E + \Delta p_V)_{HK} = \Sigma (R \cdot l + \Delta p_E)_R$$

stejný a ustálí se určitý poměr.

$$\frac{q_{mHK}}{q_{mR}}$$

Tabulky 10-1 a 10-2 uvádějí poměr $\frac{q_{mHK}}{q_{mR}}$ pro různé kombinace potrubí.

Z toho vyplývá pro teplotní spád otopného tělesa HK

$$\Delta\theta = \frac{\Phi_{HK}}{c \cdot q_{mHK}}$$

Pokud je $\Delta\theta$ o hodně větší než 10...15 K, je nutno zvětšit přípojku otopného tělesa HK.

Zpětná teplota $\theta_R = \theta_V - \Delta\theta$

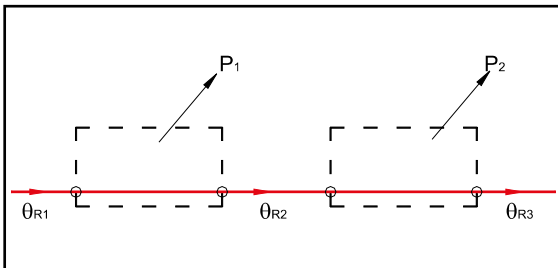
Teplota přívodní vody pro další otopné těleso se vypočítá z ochlazení v topném okruhu.

$$\Delta\theta = \frac{\Phi_{HK}}{\sum \Phi_{HK}} \cdot (\theta_V - \theta_R)$$

Teplota přívodní vody pro další otopné těleso je teplota přívodní vody předcházejícího otopného tělesa θ_{V1} snižena o ochlazení $\Delta\theta$

$$\theta_{V2} = \theta_{V1} - \Delta\theta$$

Na obr. 10-4 je graficky znázorněný postup výpočtu.



Obr. 10-4 Ochlazení vody v topném okruhu

Tabulka 10-1 Ocelové potrubí

d	HK/STG	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
15,5	3,8	1/6	1/10	1/15	1/30
16	1/2"	1/3	1/7	1/10	1/15
21,6	3/4"		1/3	1/6	1/10
27,2	1"			1/3	1/7

Tabulka 10-2 Měděné potrubí ÖNORM M 3548, potrubí z měkké oceli DIN 2394

d	HK/STG	12x1	15x1	18x1	22x1sd
10	12x1	1/3	1/5	1/7	1/11
13	15x1		1/3	1/4	1/7
16	18x1			1/3	1/5

Modrý sloupec udává rozměr přípojky otopného tělesa HK.

Červený řádek udává rozměry potrubí topného okruhu.

Podle rozměru přípojky a potrubí se ustálí poměr průtoků.

d je vnitřní průměr v mm

Výše uvedené tabulky platí pro

$$\sum \zeta_{HK} \approx 10, \quad \sum \zeta_K = 0,5, \quad l_K \approx 1,5 \text{ m},$$

$$l_{HK} \approx 0,5 \text{ m}$$

(viz Wellsand, IKZ 19/1970 a Brünnner)

Návrh otopného tělesa

Pokud jsou stanovené průměry a teploty, musí se vypočítat už jen otopná tělesa přepočítáním jejich výkonů na normové teploty.

$$\text{Faktor snížení výkonu} = f_1 \cdot f_5$$

Při nízkých rozdílech teplot otopných těles bude nižší i výkon v porovnání s normovým topným výkonem při 75/65/20 °C.

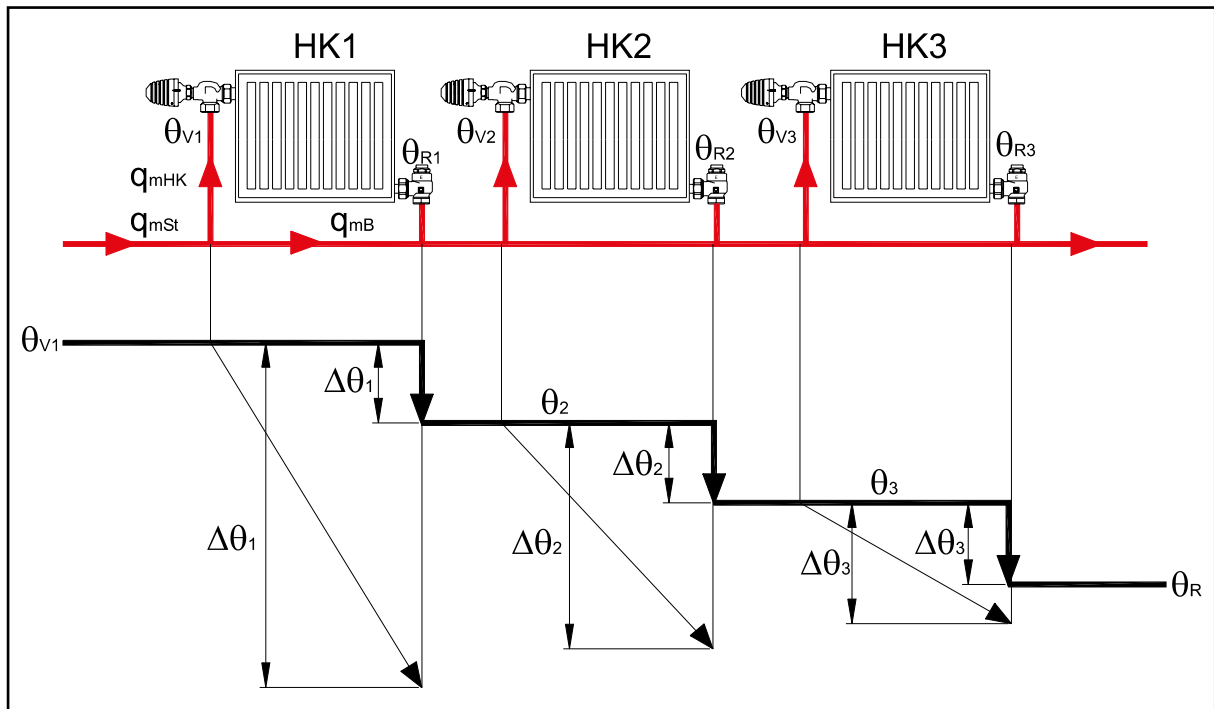
$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

ΔT_{ln} = logaritmičticky určený rozdíl teplot

$$\Phi_{100} = \frac{\Phi}{\left(\frac{\Delta T_{\text{ln}}}{\Delta T_{\text{ln}100}}\right)^n} = \frac{\Phi}{f_1} \quad f_1 = \left(\frac{\Delta T_{\text{ln}}}{60}\right)^2$$

Směšováním při spodním připojení (s ponornou trubkou):

$$\begin{aligned} \theta_V - \theta_R &= \Delta\theta & f_5 &= 1,07 \dots 1,08 \\ &= 20 \text{ K} & &= 1,04 \\ &= 10 \text{ K} & &= 1,02 \\ &= 04 \text{ K} & & \end{aligned}$$



Obr. 10-5 Průběh teploty v jednotrubkovém systému vytápění

U systému s paralelním zapojením a obtokem i při zcela otevřeném ventilu prochází otopným tělesem jen částečný průtok, zbytek jde přes zkracovací úsek.

U systému s nuceným oběhem vody jde 100% větrového průtoku vody přes otopné těleso. U 100% systému protéká víc vody přes otopné těleso a při stejném odevzdávání tepla se voda méně ochladí. Tím stoupá θ_m . První otopná tělesa budou menší, další větší. Proto se velká otopná tělesa mají připojit na přívod jako první.

Díky takto dosaženým vyšším teplotám topné látky budou potřeba nepatrně menší topné plochy (o 4 až 6 %). Pro lepší regulaci výkonu bude potřeba centrální regulace teploty přívodní vody.

Výběr čerpadla

Jednotrubkový systém vytápění potřebuje čerpadlo na překonání největšího tlakového spádu (nejvzdálenější topný okruh).

Průtok vody získáme jako součet všech průtoků vody v topných okruzích.

Odpor v potrubní síti se určí z nejvíce nevýhodného okruhu.

Při výběru čerpadla je nutno zohlednit zvýšené odpory ventilů.

$$\Delta p = R \cdot l + Z = R \cdot l + \sum \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

Δp_E možno udávat i v ekvivalentních délkách potrubí

$$\Delta p = R \cdot (l + l_{ekv})$$

Obvyklé návrhové hodnoty

Potrubí s ventily a svislá potrubí:
 $R = 100$ až 150 Pa/m

Topný okruh

$w = 0,5$ až 1 m/s nebo podle připojovacího rozměru ventilu, průměr 15 nebo 18
 ($R \approx 200$ až 700 Pa/m pro 6 až 10 kW)

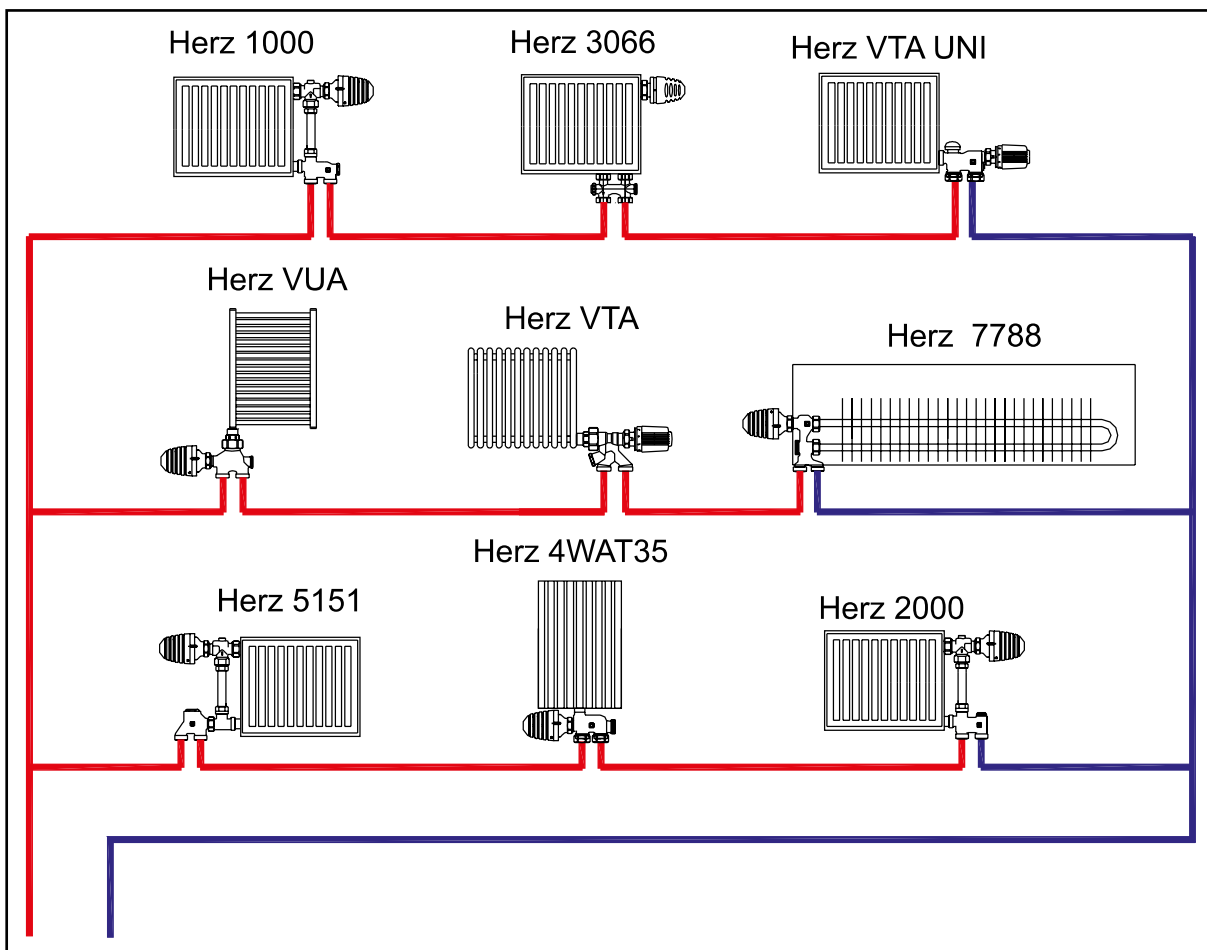
Tlakový spád ve ventilech otopných těles je nutno odečíst z diagramu ventilů.

($\Delta p_v \approx 500$ až 1000 Pa)

Obvykle nemá být připojeno více než 7 otopných těles v jednom okruhu. Potrubí 18 x 1 se dá uložit s opláštěním do izolační vrstvy proti kročejovému hluku nebo do podlahových lišt s krycími profily.

10.2 Speciální ventily pro jednotrubkové systémy vytápění

Průtok vody topným okruhem se ve ventilu dělí na průtok otopným tělesem a průtok obtokem. Podíl je možno nastavit na ventilu. Z výroby jsou ventily přednastavené na určitou hodnotu, např. na 35 % průtok otopným tělesem.

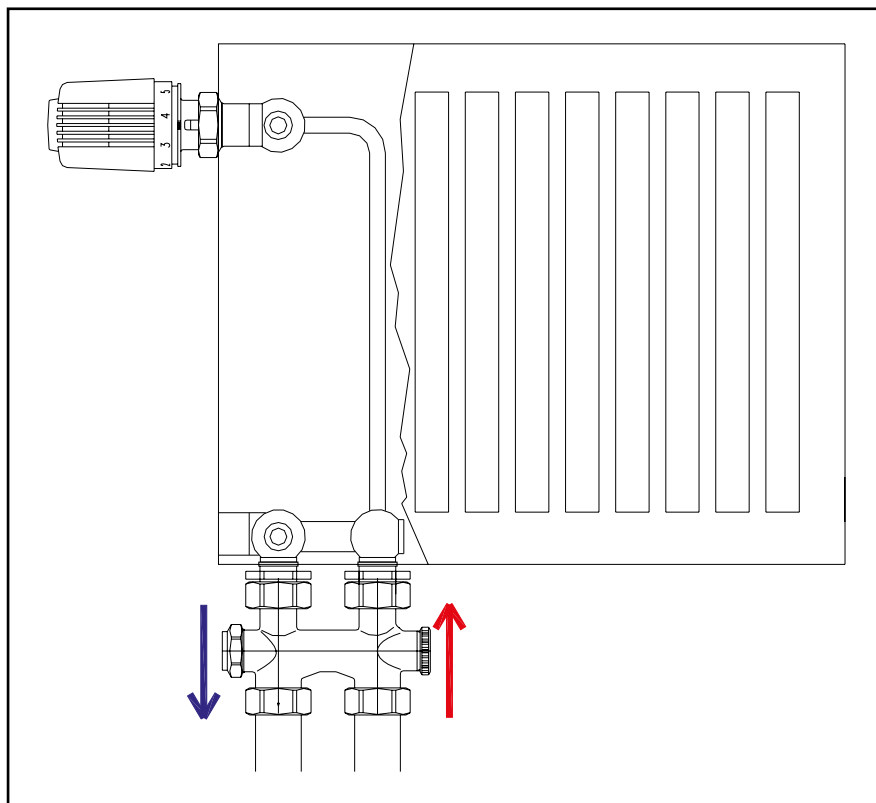


Obr. 10-6 Armatury otopných těles jednotrubkového systému vytápění

Kompaktní otopná tělesa

Tato tělesa jsou vybavena integrovanými připojovacími soupravami otopného tělesa a vnitřní svislou trubkou připojenou k ventilu otopného

tělesa. Otopné těleso se připojí pomocí obtokové armatury HERZ-3000, která se nastavovacím vřetenem může přestavět z jednorubkového na dvoutrubkový provoz.



Obr. 10-7 Kompaktní otopné těleso s Herz 3000 obtokovou armaturou (HERZ 3066)

Výpočet se provádí analogicky jako při jezdeckém uspořádání. Zkratovací úsek je ve ventilu

a má pevně nastavený určitý poměr průtoků nebo je přednastavitelný.

11 HYDRAULICKÉ VYVÁŽENÍ

11.1 Přednastavení regulačních ventilů otopných těles

Jak se chová průtok vody v závislosti na otevírání ventilu ručním kolečkem? Stoupá přítok stejně rychle, nebo zůstává zpočátku malý a na konci otevíracího procesu prudce vzroste?

$$\theta_m = \frac{\theta_V + \theta_R}{2}$$

$$\Phi = U \cdot A \cdot (\theta_m - \theta_i) = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Pod θ_m chápeme střední teplotu topné látky v otopném tělese.

Protože se však otopná tělesa vždy počítají pro stejnou střední teplotu otopného tělesa, bylo by potřeba postarat se o to, aby i v praxi všechna otopná tělesa měla tuto střední teplotu otopného tělesa (např. 80 °C).

Čím se θ_m ovlivňuje a jak negativně se projevuje nestejnost jednotlivých θ_m ?

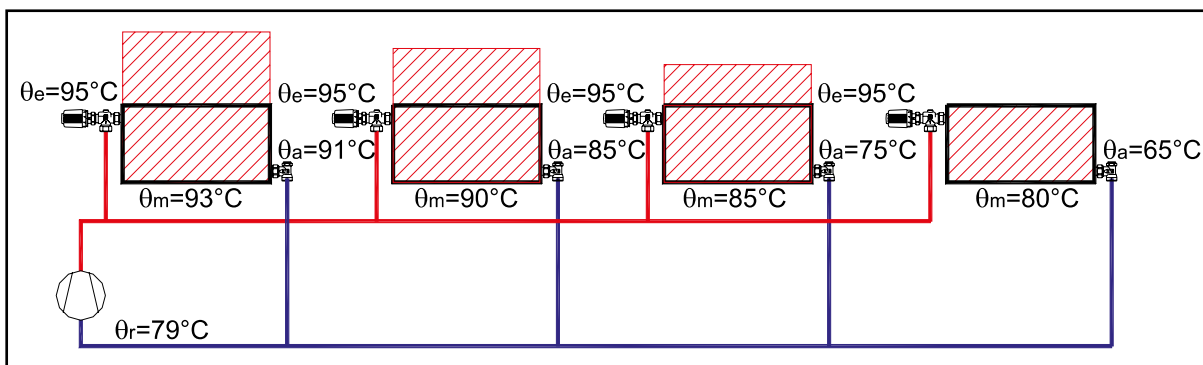
1. teplotou přiváděné vody nebo vstupní teplotou (θ_V nebo θ_E)
2. průtokem vody za časovou jednotku, který protéká otopným tělesem, ten zase závisí na tlaku čerpadla nebo ona odporu otopného tělesa nebo ventilu.

Protože v praxi u většiny zabudovaných regulačních ventilů ještě neprovádí přednastavení, přes první otopné těleso protéká proto větší průtok vody než přes poslední otopné těleso. První místnost je tedy přetopená a poslední zůstává chladná. Odevzdávání tepla je na obřících znázorněno vyšrafováním.

Velké a malé systémy v podstatě fungují stejně, proto si na zkoumání vybereme jen 4 místnosti se stejnou spotřebou tepla, a proto i se stejně velkými otopnými tělesy se stejnými připojovacími rozměry.

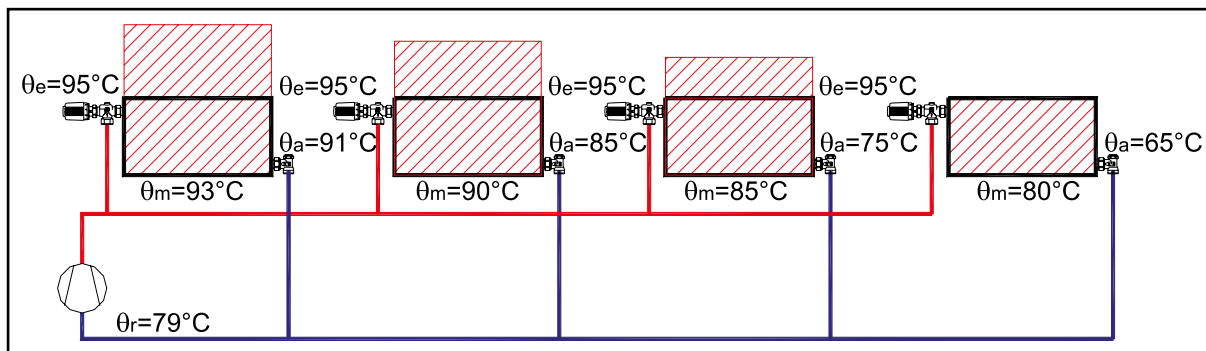
Tlak čerpadla se v potrubí zcela spotřebuje.

Poslední místnost tedy nedosáhne požadované teploty. Přes první dvě otopná tělesa protéká příliš mnoho vody. Co se dá v mnoha případech udělat?



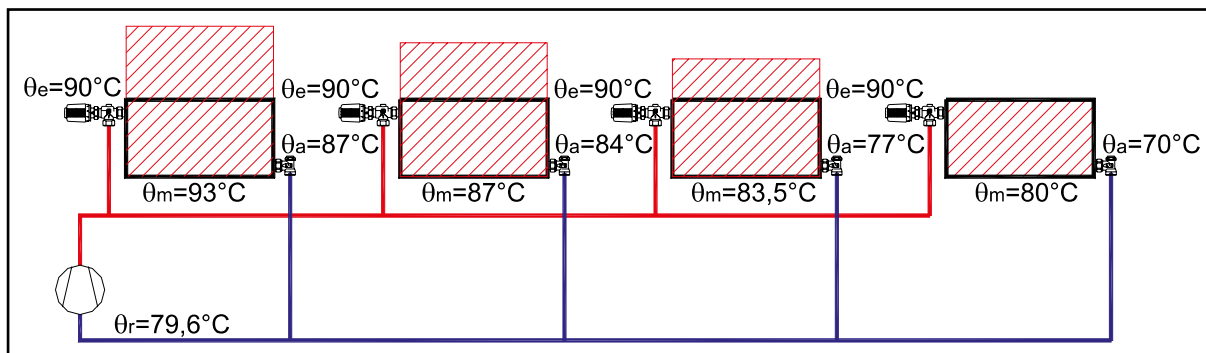
Obr. 11-1 Čtyři otopná tělesa bez přednastavení

a) zvýší se teplota přívodní vody



Obr. 11-2 Čtyři otopná tělesa při zvýšené teplotě přívodní vody

b) zvýší se tlak čerpadla



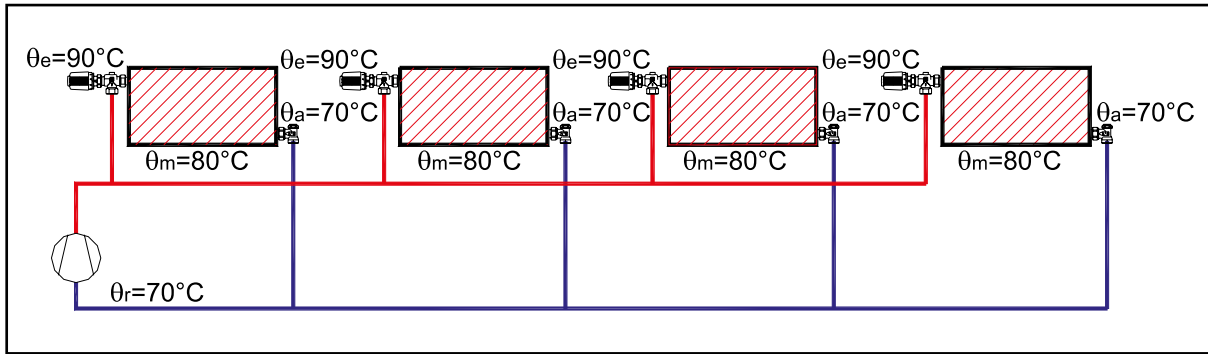
Obr. 11-3 Čtyři otopná tělesa při zvýšeném tlaku čerpadla

Z toho vyplývá

V poslední místnosti se ustálí požadovaný tepelný stav a ostatní místnosti budou přetopené, často až o 6 °C nad výpočtovou teplotu, cenná topná energie se bude dražší regulací odvádět otevíráním oken.

Z toho je možno vidět, jak je potřebné dovést ke každému otopnému tělesu správný průtok

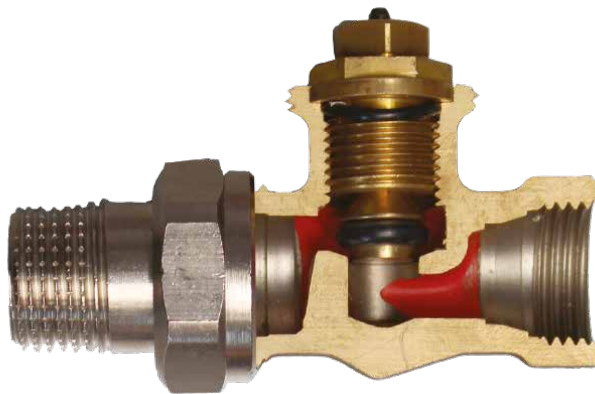
vody. To teda znamená, že umělý odpor musí odstranit příliš velké čerpadla tam, kde je velký průtok vody, aby vzdálenější otopná tělesa při menším tlaku čerpadla dostala větší průtok vody. Aby se umožnilo porovnání bez komplikovaného výpočtu, je vhodné potřebné zvýšení odporu v otopných tělesech uvést ve formě hodnot zeta (součinitel vřazených odporů).



Obr. 11-4 Správné přednastavení průtoků vody přes otopná tělesa

Tím dosáhneme požadované odevzdávání tepla. Protože v praxi je odstupňování dimenzí potrubí téměř neúčinné, musí se tento umělý odpor vytvořit přednastavením ventilů otopných těles. Existují nejrůznější způsoby přednastavení, nejúčinnější z nich je mikro přednastavení

s dvojitým vřetenem. Průtokový průřez ventilu se zmenšuje zasouváním před-regulační kuželky do otvoru sedla. To umožní velmi přesné, bezpečné a rychlé přednastavení.



Obr. 11-5 Řez přednastavitelným ventilem pro otopná tělesa (Herz TS-98 V)

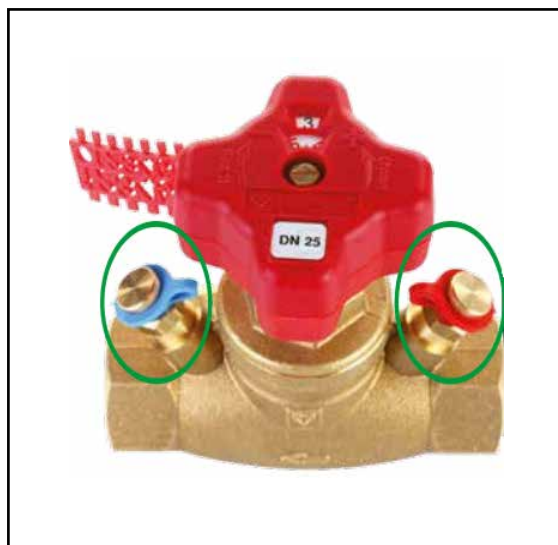
Přednastavení prostřednictvím nastavovací kuželky nabízí kromě toho tu výhodu, že při změně přednastavení nebude ovlivněno ovládání ručním kolem. Konstrukcí přednastavení pomocí kuželky se tvar kuželky stává proměnlivým, a tím i „charakteristika ventilu“. Toto neplatí pro ventily s omezením zdvihu.

11.2 Hydraulické vyvážení

11.2.1 Postup při hydraulickém vyvážení

Všechny ventily nastavte podle výkresu přednastavení (ventil článkového otopného tělesa pro $\Delta p = 8...10$ kPa). Regulační ventily a ventily otopných těles / termostatické ventily musí zůstat otevřené. Snižte teplotu, aby se samočinné ventily otevřely. Při této metodě nejvzdálenější ventil v každém okruhu slouží jako referenční ventil. Potom se na ostatních ventilech okruhu postupně nastaví správný průtok (nejprve na ventilech nejvíce vzdálených od čerpadla). Když jsou všechny větve vyvážené, podobným způsobem se nastaví hlavní potrubí. Po vyvážení celého systému mají všechny ventily správný průtok a všechny nastavené hodnoty jsou zajištěné a zdokumentované. Pokud bylo nutno přiškrtnout ventil před čerpadlem, měl

by se tento správně nastavit nebo nahradit čerpadlem se správným čerpacím výkonem.



Obr. 11-6 Vyvažovací ventil s dvěma měřicími ventilkami na měření tlakové difference (Herz 4217)



Obr. 11-7 Měřicí přístroj na měření tlakové difference (Herz 8900)

11.2.2 Proporcionální vyvážení

Proporcionální vyvážení je pomocná metoda pro lepší hydraulické vyvážení systému vytápění. Je to teda v podstatě součást hydraulického vyvážení. Pro proporcionální metodu se používá měřicí přístroj jako referenční zařízení a druhý měřicí přístroj jako nastavovací zařízení pro jednotlivé prameny. Pokud je po ruce pouze jeden měřicí přístroj, je možné nastavení samozřejmě provést pouze jedním, je však potřeba několik kroků, které jsou uvedeny níže. Hydraulické vyvažování

Pojem „hydraulické vyvažování“ se používá v oblasti teplovodních systémů vytápění, ale vztahuje se rovněž na chladicí systémy a rozvody pitné vody. Popisuje postup, kterým se do každého otopného tělesa nebo topného okruhu systému plošného vytápění dodává přesně takové množství tepla, jaké je potřeba na dosažení požadované teploty v místnosti pro jednotlivé místnosti při stanovené teplotě systému vytápění.

Výhody hydraulického vyvažování

Systém je možno provozovat s optimálním tlakem v systému, a tudíž s optimálně nízkým objemovým průtokem. To má za následek nízké pořizovací náklady na oběhové čerpadlo a nízké energetické a provozní náklady.

Ve zkratce:

- úspora energie
- ochrana životního prostředí
- pohodlí (bez nadměrného nebo nedostatečného zásobování, nehlučnost)

Důsledky nedostatku hydraulického vyvážení

Pokud chybí hydraulické vyvážení, jsou lépe zásobovány energií radiátory, které jsou v blízkosti zdroje tepla, a radiátory, které jsou dále,

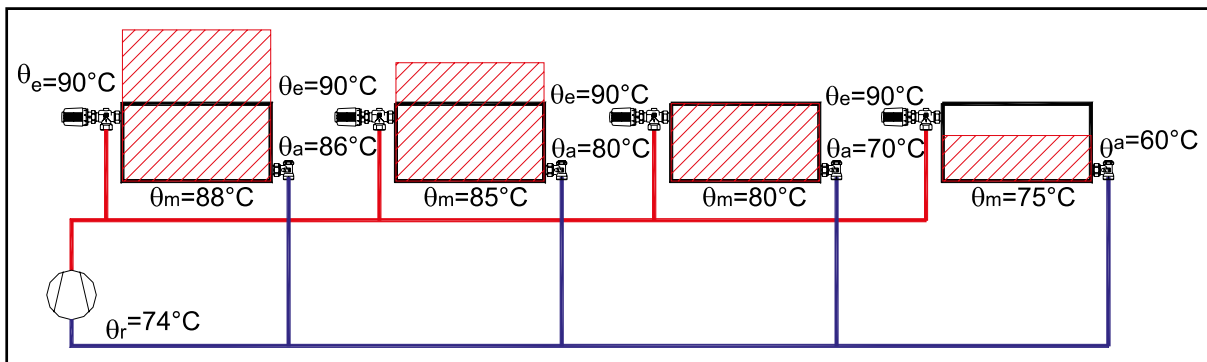
například v horních poschodích, se zahřívají jen velmi málo nebo vůbec. Regulační působení je ve vzdálených místnostech špatné.

Další faktory chybějící hydraulické rovnováhy jsou:

- radiátory se neohřívají, protože ostatní části systému jsou přezásobené
- ventily otopných těles vydávají zvuky, protože diferenční tlak ve ventilu je příliš vysoký
- ventily otopných těles a potrubí vydávají zvuky, protože rychlost proudění je příliš vysoká
- ventily otopných těles se neotevírají a nezačínají při požadované vnitřní teplotě, protože diferenční tlak je příliš vysoký
- systém vytápění se provozuje při příliš vysokých teplotách, aby se tak kompenzovalo nedostatečné zásobování
- používají se čerpadla s velkým výkonem, které způsobují nadměrné a zbytečné náklady z hlediska investice i provozu
- účinnost zdroje tepla se zhoršuje, protože systém je provozován s nadměrně vysokými teplotami a silně kolísajícím objemovým průtokem
- výstupní a vratná teplota vody je zbytečně vysoká, zejména při použití moderní kondenzační technologie nebo s teplenými čerpadly a systémy se solárním ohřevem se účinnost zdroje zhoršuje

Ilustrační příklad nepřednastaveného systému

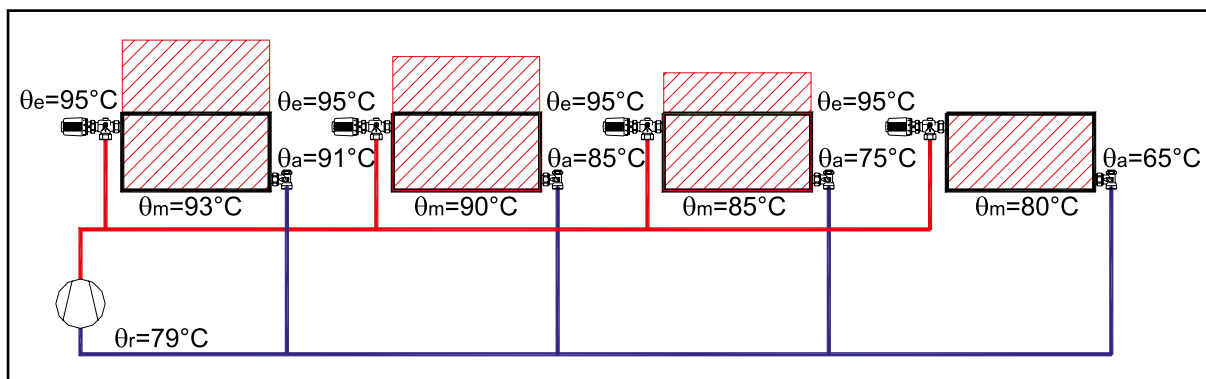
Následující obrázek jasně ukazuje nerovnoměrné rozložení tepla mezi jednotlivými spotřebiteli. Spotřebitel nejbližší k čerpadlu je zjevně nadměrně zásobovaný, zatímco ten nejdále umístěný je jednoznačně nedostatečně zásobovaný.



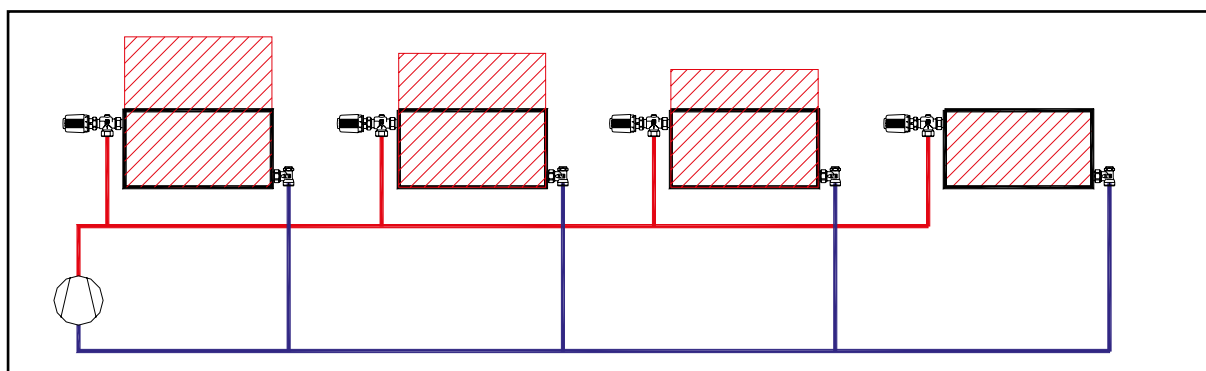
Obr. 11-8 Čtyři otopná tělesa bez přednastavení

V takovém případě se často předpokládá, že teplota na výstupu je příliš nízká, a preventivně se zvyšuje ráz, pokud to stále nevede k požadovanému výsledku, v mnohých případech se zvýší i tlak čerpadla. Poslední radiátor se konečně otepluje, takže se často zapomíná na všechny ostatní radiátory, které jsou

zjevně přehřáté. Všechny tyto změny přesto neřeší hydraulické vyvážení topné sítě. Zvýšené teploty na výstupu nebo zvýšený tlak čerpadla způsobují zvuky na ventilech nebo v potrubní síti, navíc vznikají zbytečně vysoké provozní náklady.



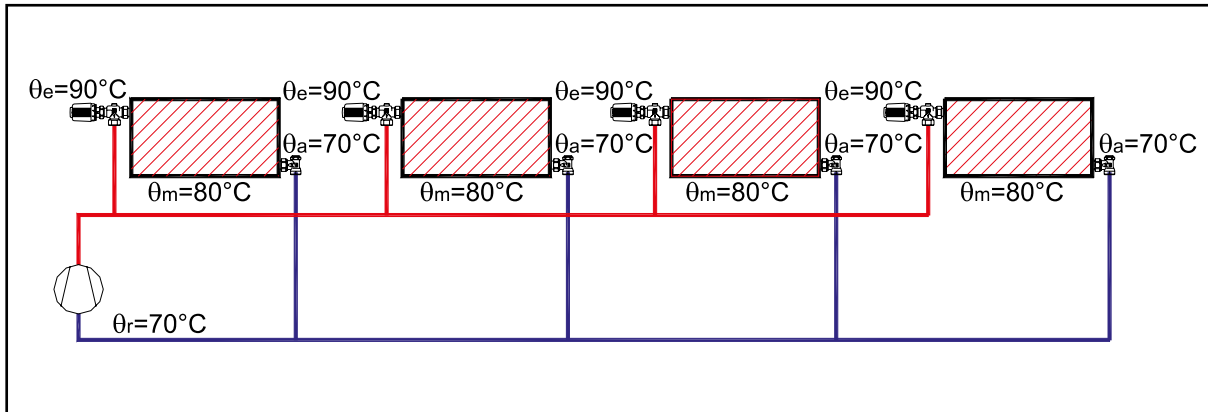
Obr. 11-9 Čtyři otopná tělesa při zvýšené teplotě přívodní vody



Obr. 11-10 Čtyři otopná tělesa při zvýšeném výtlaku oběhového čerpadla

Ilustrační příklad přednastaveného systému

Následující obrázek ukazuje zřetelný rozdíl v porovnání s výše uvedenými obrázky. Zde se nezvýšila teplota na výstupu ani tlak čerpadla, systém vytápění byl nastavený nebo přednastavený, všichni spotřebitelé jsou zásobováni stejným a skutečně potřebným množstvím topné energie. A je možno určit, že žádné otopné těleso není nadměrně zásobené nebo nedostatečně zásobené. Všechna jsou optimálně upravená.



Obr. 11-11 Správně přednastavené proudění média

Postup při hydraulickém vyvažování

- Stanovení teplot systému a odpovídající provedení topných ploch s přihlédnutím ke skutečné teplotě zpátečky
- Výpočet teplot systému, při kterých výkon radiátorů odpovídá sníženému topnému zatížení
- Stanovení návrhového objemového průtoku pro každý radiátor
- Nastavení všech regulačních ventilů podle vypočítaných hodnot nastavení

Regulační orgány pro hydraulické vyvažování

- Manuální vyvažovací ventily
- Automatické vyvažovací ventily:
 - Regulační tlakové diference
 - Regulační objemového průtoku

Proporcionální metoda je cenný nástroj na vyvažování složitých nebo klikatých systémů vytápění. Pokud síť obsahuje více okruhů, jaká-

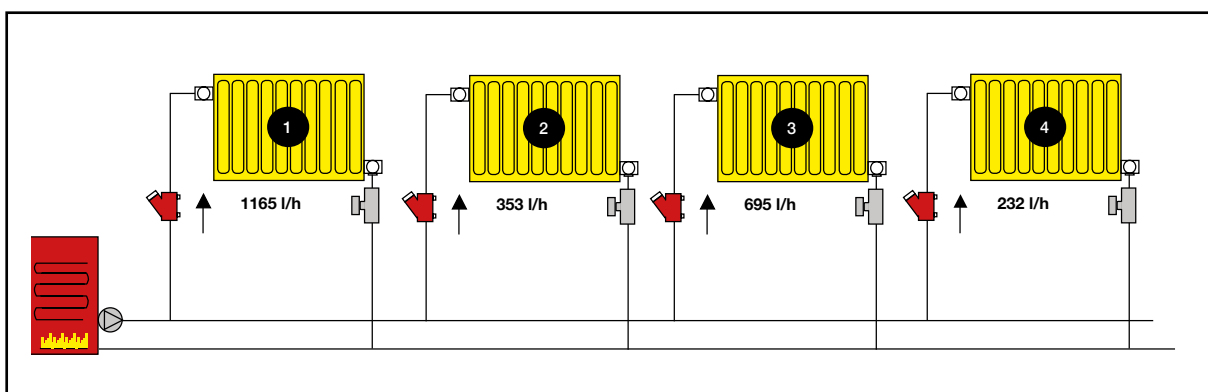
koliv změna průtoku v jednom z okruhů bude mít za následek změnu toku v ostatních okruzích.

Například regulujeme průtok 1. okruhu na referenční hodnotu Q_{ref1} , jakmile přejdeme na 2. okruh, jakékoliv kolísání průtoku v tomto okruhu vede ke změně průtoku v 1. okruhu. Proporcionální metoda tento problém efektivně překonává.

Příklad

Konstrukční kancelář vypočítala referenční průtoky pro síť se 4 okruhy takto:

Okruh 1:	=	1165 l/h
Okruh 2:	=	353 l/h
Okruh 3:	=	695 l/h
Okruh 4:	=	232 l/h
Q_{ref}	=	referenční průtok



Obr. 11-12

Všechny ventily musí být nastaveny do zcela otevřené polohy. Potom je možno zahájit měření. Po měření dostaneme výsledky:

Okruh 1:	=	1421 l/h
Okruh 2:	=	554 l/h
Okruh 3:	=	938 l/h
Okruh 4:	=	250 l/h

Průtokový koeficient R , který je možno následovně definovat:

Průtokový koeficient

Z toho se počítají následující výsledky

Okruh 1	
$Q_{ist1} = 1421 \text{ l/h}$	$R_1 = 1421 / 1165 = 1,22$
Okruh 2	
$Q_{ist1} = 554 \text{ l/h}$	$R_1 = 554 / 353 = 1,57$
Okruh 3	
$Q_{ist1} = 938 \text{ l/h}$	$R_1 = 938 / 695 = 1,35$
Okruh 4	
$Q_{ist1} = 250 \text{ l/h}$	$R_1 = 250 / 232 = 1,08$

Zde vidíme, že každý jednotlivý koeficient je vyšší než 1. Kdyby byla střední hodnota koeficientů menší než 1, musel by se zvýšit průtok čerpadla nejméně na 1.

Pokud jsou k dispozici dva měřicí přístroje.

Pokud jsou k dispozici dva měřicí přístroje, první přístroj (tzv. referenční přístroj) je připojený k okruhu s nejnižším koeficientem průtoku (v tomto příkladu k okruhu 4), ale nastavení

ventilu 4 zůstává nezměněné. Nejprve je druhý přístroj připojený k okruhu, který má nejvyšší koeficient toku (např. okruh 2). Nyní je průtok okruhem 2 prozatím snížený (pokud se používá tradiční metoda, po každé změně nezapomeňte zadat polohu ventilu v přístroji), dokud hodnota pro R neodpovídá na obou přístrojích: $R_2 = R_4$ (například 1,20). V tomto okamžiku se průtoky v okruzích 2 a 4 ještě neshodují s cílovým průtokem, ale jsou navzájem proporcionálně vyvážené. Přístroj je nyní oddělen od okruhu 2 a připojen k okruhu 3. Postupuje se stejně, jako je popsáno výše, dokud $R_3 = R_4 = 1,25$ (například). Upozorňujeme, že R_2 „následuje“ za R_4 a že řetězce 2, 3 a 4 jsou proporcionálně vyvážené.

Stejným způsobem se postupuje u okruhu 1, dokud např. $R_1 = R_4 = 1,15$.

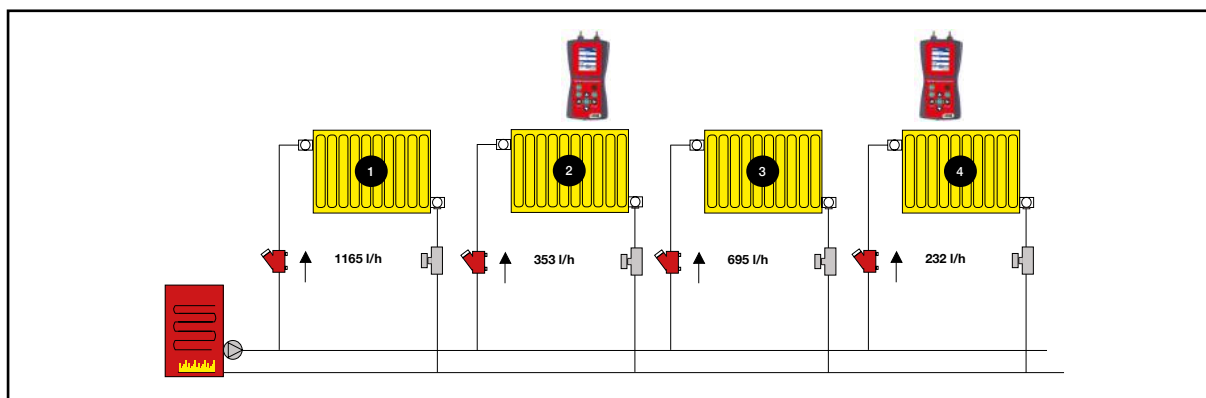
V tomto okamžiku např.

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1,15$.

Nyní se musí změnit pouze průtok čerpadla, aby kvocient byl zhruba 1.

Příklad regulace jednotlivých okruhů

- první měřicí zařízení s okruhem 4, které se spojuje s nejnižším koeficientem průtoku
- druhé měřicí zařízení s okruhem 2, které se spojuje s nejvyšším koeficientem průtoku
- sníží se průtok v okruhu 2, kým $R_2 = R_4$ (například 1,32)



Obr. 11-13

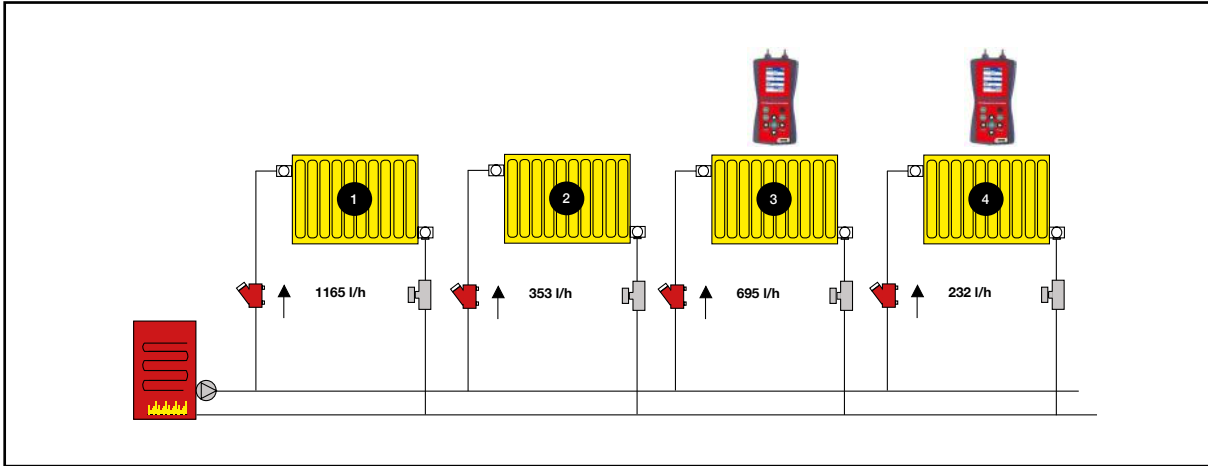
$$R_1 = 1.22$$

$$R_2 = 1.57$$

$$R_3 = 1.35$$

$$R_4 = 1.08$$

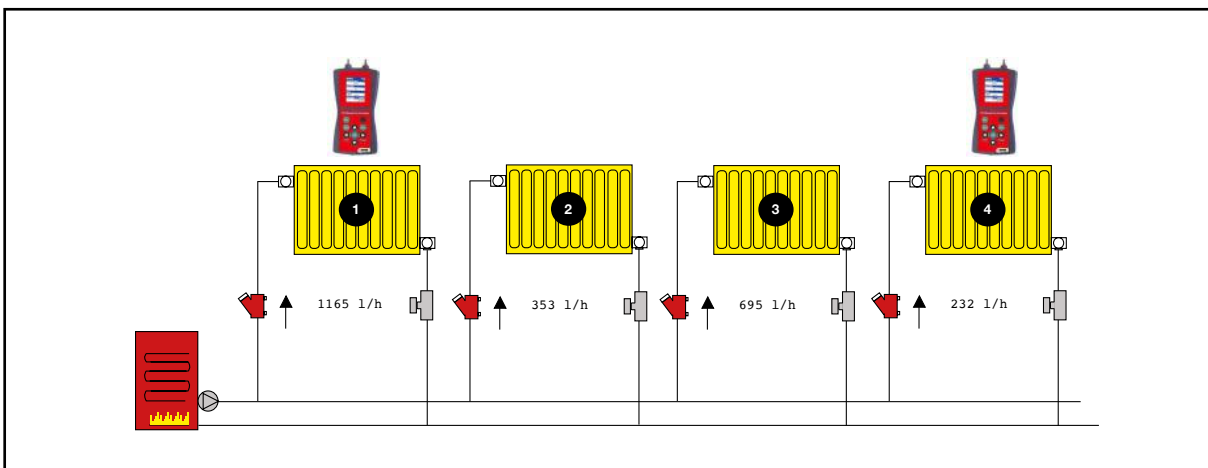
- referenční měřicí přístroj zůstává na okruhu 4
- druhé měřicí zařízení s okruhem 3, které se spojuje s nejvyšším koeficientem průtoku
- okruh 3 sníží průtok, pokud $R_2 = R_3 = R_4$ (například 1,34)



Obr. 11-14

$$R_1 = 1.22 \quad R_2 = 1.32 \quad R_3 = 1.35 \quad R_4 = 1.32$$

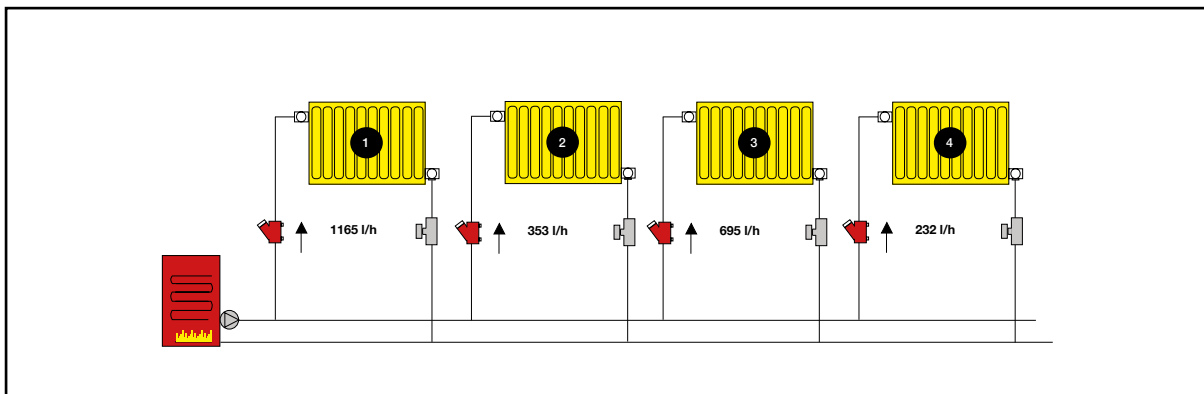
- referenční měřicí přístroj zůstává na okruhu 4
- druhé měřicí zařízení s okruhem 1, které se spojuje s nejvyšším koeficientem průtoku
- sníží se průtok v okruhu 1, kým $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ (například 1,27)



Obr. 11-15

$$R_1 = 1.22 \quad R_2 = 1.33 \quad R_3 = 1.33 \quad R_4 = 1.33$$

Výsledkem těchto 3 pracovních kroků je to, že $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ a systém je tak vyvážený.



Obr. 11-16

$$R_1 = 1.27 = R_2 = 1.27 = R_3 = 1.27 = R_4 = 1.27$$

Pokud je k dispozici jeden měřicí přístroj

Pokud je k dispozici pouze jeden měřicí přístroj, musí se nastavení provést ve více krocích. Po změření původních hodnot koeficientů R se vybere vedení s nejvyšším koeficientem průtoku (předpoklad 2) a na ně se připojí měřicí přístroj.

Nejprve se vyzkouší

Musí se zvolit celková hodnota pro R, která by se měla dosáhnout v prvním kole, například $R = 1,15$.

Sníží se průtok v okruhu 2 (pokud se používají tradiční metody, nezapomeňte po každé změně uvést polohu ventilu v přístroji). Dokud se na měřicím přístroji nezobrazí $R_2 = 1,15$.

Stejným způsobem se postupuje i při následujících okruzích ve vzestupném pořadí toku.

- Okruh 3 do $R_3 = 1,15$
- Okruh 1 do $R_1 = 1,15$
- Okruh 4 do $R_4 = 1,15$

Druhé kolo

Opět je stanovena cílová hodnota pro R, která má být dosažena v druhém kole, např. $R = 1,2$. Postup je stejný jako při prvním spuštění. Měřicí přístroj je připojený ke 2. okruhu a měří se R_2 . Přitom je téměř jisté, že koeficient už není 1,15, protože změna toku v ostatních okruzích se částečně přenesla do tohoto okruhu. Z tohoto důvodu je potřeba několik kol.

Průtok v 2. okruhu je regulovaný, dokud se na měřicím přístroji nezobrazí $R_2 = 1,2$. Stejným způsobem se postupuje u ostatních okruhů ve vzestupném pořadí toku.

- Okruh 3 do $R_3 = 1,2$
- Okruh 1 do $R_1 = 1,2$
- Okruh 4 do $R_4 = 1,2$

Třetí kolo – výsledek

Všeobecně by stačila dvě kola na dosažení správného vyrovnaní mezi okruhy. V případě potřeby se však může snadno uskutečnit třetí kolo, v kterém platí stejné zásady jako pro 1. a 2. kolo. Je důležité, aby všechny okruhy byly navzájem vyvážené a měly stejnou hodnotu pro R, takže $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1,2$ (například).

12 ZABEZPEČENÍ KVALITY HYDRAULICKÉHO VYVÁŽENÍ

Ve smyslu zabezpečení kvality by se mělo postupovat podle normy ISO 9002 i při pracích instalačních firem.

Na zabezpečení této kvality by instalační společnosti měly pracovat rovněž se systémem řízení kvality v souladu s normou ISO 9001.

Kvalita se definuje trhem nebo zákazníky, nikoliv dodávající firmou.

Spokojení zákazníci jsou nejvyšším cílem.

K tomu patří i odpovídající dokumentace. Vyžaduje se forma dokumentů s krátkými výstižnými formuláři.

Nastavení systému

Pro nastavení systému je nutno splnit následující požadavek:

Hydraulické vyvážení je nutno uskutečnit tak, aby při provozu podle určení, tj. např. při útlumu vnitřní teploty nebo po dobu provozních

přestávek systému vytápění, byli všichni spotřebitelé tepla zásobeni topnou vodou podle své potřeby tepla.

Funkční zkouška

Celý systém musí být v rámci zkušebního provozu podroben funkční zkoušce.

- zabezpečovací zařízení
- spalovací nebo topná zařízení
- regulační a ovládací zařízení
- hydraulické vyvážení

Přejímací zkouška

Při této zkoušce je nutno zapsat do protokolu všechna plánovaná funkční měření.

Protokol může objednatel vyžadovat v zadávacích požadavcích díla.

Protokol o vyvážení:

Úsek číslo	Přívod Odvod	Typ ventilu DN	Průtok		Tlakový rozdíl		Ruční kolo poz.	Poznámky
			Požad. průtok l.s ⁻¹ /m ³ /h	Skutečný průtok l.s ⁻¹ /m ³ .h ⁻¹	Požad. Δp mv.s./kPa	Skutečný Δp mv.s./kPa		

Obr. 12-1 Protokol o vyvážení

Poznámky

Příloha

Soupis součinitelů vřazených odporů ζ

Datum:

Projekt:

Čís.: Strana:

Zpracoval:

Dipl. Ing. Rudolf JAUSCHOWETZ.
inženýr v oboru strojírenství
Chráněno autorským právem.
Všechna práva vyhrazena, obzvláště na kopírování.

ζ																	$\Sigma \zeta$		
	Potrubní úsek	Průtok	Topné těles, kotel, zásobník	Etážový odskok	Oblouk 90° r/d=1,5	Oblouk 90° r/d=2,5	T-kus pravouhlý			T-kus s jiným úhlem odbočky, průchod - dělení	Rozšíření plynulé	Protiproud - dělení	Koleno	Kulový uzávěr, kohout	Šikmý ventil *)	Ventil	***) Ruční regulační ventil VT Termostatický ventil VT **)		
			2.5	0.5	0.5	0.3	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	3.0	2.0	1.0	$\frac{2.5}{6.7}$	10	$\frac{57}{154}$	$\frac{3/8'' \text{ DN } 10}{1/2'' \text{ DN } 15}$	
Čís.						DN < 40							1.5	0.5	$\frac{2.5}{6.7}$	7.0	376	$\frac{3/4'' \text{ DN } 20}{1'' \text{ DN } 25}$	
													1.0	0.3	$\frac{2.5}{2.5}$	5.0			$\frac{1 1/4'' \text{ DN } 32}{1 1/2'' \text{ DN } 40}$
													1.0	0.3	2.0	4.0			DN ≥ 50

Odbyt:

Čís. H 106

T-kus, průchod - dělení $\zeta = \theta$

T-kus s jiným úhlem odbočky, průchod $\zeta = \theta$ a odbočka - spojení $\zeta = \theta$

Rozdelovač $\zeta = 0.5$

Sběrač $\zeta = 1.0$

*) STRÖMAX 4115

***) AS-T-Ventil (2K)

Dipl. Ing. Rudolf JAUSCHOWETZ.
 inženýr v oboru strojírenství
 Chráněno autorským právem.
 Všechna práva vyhrazena, obzvláště na kopírování.

P_n W	1	2	3	4	5	6	7	V_{celk}
t_i °C								
V_{HK}								$\frac{l}{s}$
V_{HK}								%
t_1	°C
t_m	°C
t_2	°C
$\vartheta_v = \dots \text{°C}$								$\vartheta_R = \dots \text{°C}$
$\Delta\vartheta$								
Δt_{HK}								°C
$\Delta t_{\dot{U}}$								°C
f_1								
P_{100}								W

$P_{celk} = \dots \text{ kW}$

$P_{celk} = \dots \text{ kW}$

P_n W	1	2	3	4	5	6	7	V_{celk}
t_i °C								
V_{HK}								$\frac{l}{s}$
V_{HK}								%
t_1	°C
t_m	°C
t_2	°C
$\vartheta_v = \dots \text{°C}$								$\vartheta_R = \dots \text{°C}$
$\Delta\vartheta$								
Δt_{HK}								°C
$\Delta t_{\dot{U}}$								°C
f_1								
P_{100}								W

Zobrazení	Popis	Součinitel odporu ξ	
	T-kus pravouhlý		
	odbočky, pravouhlé	1,3 1,5	
	odbočka, odpojení napájení ξ_a	0,9 1,0	
	odbočka, průchod - dělení ξ_z	0,35 0	
	odbočka, průchod - spojení ξ_1	0,6 0,5	
	odbočka, protiproud - spojení ξ_a	3,0	
	T-kus s jiným úhlem odbočky		
	odbočka - dělení	0,9	
	odbočka - spojení	0,4	
	odbočka, průchod - dělení	0,3	
	rozdělovač (výstup)	$\zeta_1 = 0,5$	
	sběrač (vstup)	$\zeta_1 = 1,0$	
		oblouk 90°, hladký	$r = d$ 0,21 $= 2d$ 0,14 $= 4d$ 0,11 $= 6d$ 0,09 $= 10d$ 0,11
		oblouk 90°, drsný	$r = d$ 0,51 $= 2d$ 0,30 $= 4d$ 0,23 $= 6d$ 0,18 $= 10d$ 0,20
	koleno s úhlem	$\beta = 90^\circ$ 1,3 $= 60^\circ$ 0,8 $= 45^\circ$ 0,4	
	etážový odskok (propust)	0,5	
		rozšíření plynulé	$\beta = 10^\circ$ $\zeta_1 = 0,20$ $= 20^\circ$ $= 0,45$ $= 30^\circ$ $= 0,60$ $= 40^\circ$ $= 0,75$
rozšíření prudké		$\zeta_1 = (1 - \frac{A_2}{A_1})^2$	
výtok		$\zeta_1 = 1,0$	
	zúžení plynulé	$\beta = 30^\circ$ $\zeta_1 = 0,02$ $= 45^\circ$ $= 0,04$ $= 60^\circ$ $= 0,07$	
	zúžení prudké s ostrými hranami	$\zeta_1 = 0,5$ $\zeta_2 = 0,38$	
	se sraženými hranami	$\zeta_1 = 0,25$ $\zeta_2 = 0,38$	
	zúžení s ostrými přečnicíjícími hranami	$\zeta_2 = 3,0$	
	zúžení zaoblené	$\zeta_2 = 0,012$	
	ohybový kompenzátor tvaru lyry, hladký	0,75	
	so záhyby	1,5	

Zobrazení	Popis	Součinitel odporu ξ		
	vlnkový kompenzátor, za každý prstec	2,0		
	průvlečná spojka	0		
	Ventily			
	přímý ventil	DN 15 10,0 DN 20 8,5 DN 25 4,0 DN 32 6,0 DN 40 ... 80 5,0 DN 100 5,4 DN 200 6,3 DN 300 7,0 DN 400 7,7		
	šikmý ventil	DN 15 3,5 DN 20 2,5 DN 25 ... 50 2,0		
	průtokový a výtokový ventil	DN 15 2,0 DN 20 ... 25 1,5 DN 32 ... 50 1,0 DN 65 ... 80 0,7 \geq DN 100 0,6		
	rohový ventil	DN 15 4,0 DN 20 ... 40 2,0 DN 50 ... 80 3,5 DN 100 4,0 DN 200 5,0 DN 300 6,0		
		kulový uzávěr	DN 10 ... 15 1,0 DN 20 ... 25 0,5 DN 32 ... 40 0,3 \geq DN 50 0,3	
			kohout	DN 10 ... 15 1,5 \geq DN 20 1,0
			zpětný ventil	DN 15 ... 20 15 DN 25 ... 50 13 DN 100 8 DN 200 5
		zpětná klapka	DN 50 1,5 DN 100 1,2 DN 200 1,0	
		zábrana proti zpětnému průtoku	DN 25 ... 40 2,5 DN 50 1,9	
	zábrana proti zpětnému průtoku s uzávěrem	DN 20 4,6 DN 25 ... 50 3,6		
	odlučovač vody pro stlačený vzduch	s normálním vstupem 3,0 s tangenciálním vstupem 5 ... 8		
	odlučovač oleje pro stlačený vzduch	3 ... 10		
	zásobník	2,5		
	kotel	2,5		
	článekové otopné těleso	2,5		

Ocelové potrubí t= 1 K R(Pa.m. ³)	DN10	15	20	25		32		40	50		
	3/8	1/2	3/4	1	38x2,6	1 1/4	44,5x2,6	1 1/2	57x2,9	63,5x2,9	
	D= 12,5mm	16	21,6	27,2	32,8	35,9	39,3	41,8	51,2	57,7	
6	1) P 2) m 3) w	27 6.0E+3 .05	53 .013 .06	122 .029 .08	229 .055 .1	381 .091 .11	488 .116 .12	623 .149 .13	737 .176 .13	1274 .304 .15	1759 .419 .16
8		32 8.0E+3 .06	63 .015 .08	144 .034 .1	269 .064 .11	448 .107 .13	573 .136 .14	732 .174 .15	864 .206 .15	1494 .356 .18	2061 .491 .19
10		36 9.0E+3 .07	106 .025 .13	240 .057 .16	449 .107 .19	745 .178 .22	951 .227 .23	1213 .289 .25	1431 .341 .26	2466 .588 .29	3395 .809 .32
20		54 .013 .11	106 .025 .13	240 .057 .16	449 .107 .19	745 .178 .22	951 .227 .23	1213 .289 .25	1431 .341 .26	2466 .588 .29	3395 .809 .32
30		68 .016 .14	133 .032 .16	301 .072 .2	562 .134 .24	930 .222 .27	1186 .283 .29	1512 .36 .31	1784 .425 .32	3070 .732 .37	4224 .1007 .4
40		80 .019 .16	156 .037 .19	353 .084 .24	658 .157 .28	1088 .259 .32	1386 .421 .34	1767 .497 .36	2084 .584 .43	3583 .854 .43	4928 .1174 .46
50		90 .022 .18	177 .042 .22	399 .095 .27	743 .177 .31	1228 .293 .36	1564 .373 .38	1993 .475 .4	2350 .56 .42	4037 .962 .48	5550 .1323 .52
60		100 .024 .2	196 .047 .24	441 .105 .29	820 .195 .35	1355 .323 .39	1725 .411 .42	2197 .524 .44	2591 .617 .46	4449 .106 .53	6114 .1457 .57
70		109 .026 .22	213 .051 .26	479 .114 .32	891 .212 .38	1472 .351 .43	1874 .447 .45	2386 .569 .48	2813 .67 .5	4829 .1151 .58	6635 .1581 .62
80		117 .028 .23	229 .055 .28	515 .423 .34	958 .228 .4	1581 .377 .46	2013 .48 .49	2562 .611 .52	3020 .72 .54	5183 .1235 .62	7120 .1697 .67
90		125 .03 .25	244 .058 .3	549 .131 .37	1020 .243 .43	1684 .401 .49	2143 .511 .52	2728 .65 .55	3216 .766 .57	5516 .1314 .66	7576 .1805 .71
100		133 .032 .27	259 .062 .32	581 .139 .39	1079 .257 .46	1781 .424 .52	2267 .54 .55	2885 .688 .58	3400 .81 .61	5831 .139 .69	8008 .1908 .75
110		140 .033 .28	273 .065 .33	612 .146 .41	1136 .271 .48	1874 .447 .54	2385 .568 .58	3035 .723 .61	3576 .852 .64	6132 .1461 .73	8419 .2006 .79
120		147 .035 .29	286 .068 .35	642 .153 .43	1190 .284 .5	1963 .468 .57	2497 .595 .6	3178 .757 .64	3745 .892 .67	6419 .153 .76	8813 .21 .83
130		153 .037 .31	299 .071 .36	670 .16 .45	1242 .296 .52	2048 .488 .59	2605 .621 .63	3315 .79 .67	3906 .931 .7	6695 .1595 .8	9190 .219 .86
140		160 .036 .32	311 .074 .38	697 .166 .47	1292 .308 .55	2130 .508 .62	2710 .646 .66	3448 .822 .7	4062 .968 .73	6960 .1659 .83	9554 .2277 .9
150		166 .039 .33	323 .077 .39	723 .172 .48	1340 .319 .57	2209 .526 .64	2810 .67 .68	3575 .852 .72	4212 .1004 .75	7217 .172 .86	9905 .236 .93
160		172 .041 .34	334 .08 .41	749 .178 .5	1387 .331 .59	2286 .545 .66	2908 .693 .7	3699 .881 .75	4358 .1038 .78	7465 .1779 .89	10245 .2441 .96
170		177 .042 .35	345 .082 .42	773 .184 .52	1433 .341 .6	2361 .563 .69	3002 .715 .73	3819 .91 .77	4499 .1072 .8	7706 .1836 .92	10574 .252 .99
180		183 .044 .37	356 .085 .43	797 .19 .53	1477 .352 .62	2433 .58 .71	3094 .737 .75	3935 .938 .8	4636 .1105 .83	7939 .1892 .95	10894 .2596 .102
190		188 .045 .38	367 .087 .45	820 .196 .55	1520 .362 .64	2503 .597 .73	3183 .759 .77	4049 .965 .82	4769 .1137 .85	8167 .1946 .97	10245 .2441 .105
200		194 .046 .39	377 .09 .46	843 .201 .56	1561 .372 .66	2572 .613 .75	3270 .779 .79	4159 .991 .84	4899 .1168 .88	8388 .1999 .1	11509 .2743 .108
220		204 .049 .41	397 .095 .48	887 .211 .59	1642 .391 .69	2704 .644 .78	3438 .819 .83	4372 .1042 .88	5150 .1227 .92	8816 .2101 .105	12094 .2882 .113
240		214 .051 .43	415 .099 .51	929 .221 .62	1719 .41 .73	2831 .675 .82	3599 .858 .87	4576 .1091 .93	5390 .1284 .96	9224 .2198 .11	12653 .3015 .119
260		223 .053 .45	434 .103 .53	969 .231 .65	1794 .427 .76	2952 .703 .86	3753 .894 .91	4772 .1137 .96	5620 .1339 .1	9616 .2292 .115	13190 .3143 .124
280		232 .055 .46	451 .108 .55	1008 .24 .67	1865 .444 .79	3069 .731 .89	3901 .93 .95	4960 .1182 .1	5841 .1392 .104	9994 .2382 .109	13706 .3266 .129
300		241 .057 .48	468 .112 .57	1046 .249 .7	1934 .461 .82	3182 .758 .92	4045 .964 .98	5142 .1225 .104	6055 .1443 .108	10358 .2468 .123	14205 .30385 .133
400		281 .067 .56	545 .13 .67	1217 .29 .81	2249 .536 .95	3698 .881 .107	4699 .112 .114	5972 .1423 .121	7032 .1676 .126	12022 .2865 .143	16482 .3928 .155
500		317 .075 .63	614 .146 .75	1368 .326 .92	2527 .602 .107	4153 .99 .121	5276 .1257 .128	6705 .1598 .136	7893 .1881 .141	13490 .3215 .161	18490 .4406 .173
600		349 .083 .7	676 .161 .82	1505 .359 .101	2778 .662 .117	4565 .1088 .132	5799 .1382 .14	7368 .1756 .149	8673 .2067 .155	14818 .3531 .176	20307 .4839 .19
700		378 .09 .76	733 .175 .89	1631 .389 .109	3010 .717 .127	4944 .1178 .143	6280 .1496 .152	7978 .1901 .161	9390 .2238 .168	16040 .3822 .191	21979 .5237 .206

Teplá voda t=80°C
1) Tepelný výkon ve Watt při tv-tr= 1K
2) Průtok vody v kg.s⁻¹
3) Rychlost vody w v m.s



TABULKA TLAKOVÝCH ZTRÁT TŘENÍM
PRO STŘEDNĚ TĚŽKÉ ZAVITOVÉ TRUBKY
A BEZEŠVĚ VARNÉ TRUBKY

Teplá voda t=80°C
 1) Tepelný výkon ve Watt při tv-tr= 1K
 2) Průtok vody v kg.s⁻¹
 3) Rychlost vody w v m.s⁻¹



TABULKA TLAKOVÝCH ZTRÁT TŘENÍM PRO BEZEŠVÉ
 OCELOVÉ TRUBKY

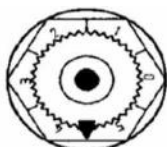
	Ocelová potrubí t= 1 K R(Pa.m. ⁻¹)	DN 65		80	(R 3)	100	(R 4)	125	(R 5)	150	(175)
		70x2,9	76,1x2,9	82,5x3,2	88,9x3,2	108x3,6	114,3x3,6	133x4	139,7x4	159x4,5	191x5,4
		D= 64,2mm	70,3	76,1	82,5	100,8	107,1	125	131,7	150	180,2
6	1) P 2) m 3) w	2344 ,559 ,18	2991 ,713 ,19	3700 ,882 ,2	4594 ,095 ,21	7849 ,1871 ,24	9228 ,2199 ,25	13933 ,332 ,28	16011 ,3815 ,29	22629 ,5393 ,31	36823 ,8775 ,35
8		2745 ,654 ,21	3501 ,834 ,22	4330 ,1032 ,23	5374 ,1281 ,25	9174 ,2186 ,28	10783 ,257 ,29	16271 ,3877 ,33	18094 ,4455 ,34	26409 ,6293 ,37	42945 ,10234 ,41
10		3101 ,739 ,23	3954 ,942 ,25	4888 ,1165 ,26	6066 ,1445 ,28	10349 ,2466 ,32	12162 ,2898 ,33	18343 ,4371 ,37	21071 ,5021 ,38	29756 ,7091 ,41	48364 ,11525 ,47
20		4516 ,1076 ,34	5753 ,1371 ,36	7107 ,1694 ,38	8811 ,21 ,4	15005 ,3576 ,46	17624 ,42 ,48	26545 ,6326 ,53	30479 ,7263 ,55	42995 ,10246 ,6	69782 ,16629 ,67
30		5615 ,1338 ,43	7150 ,1704 ,45	8828 ,2104 ,48	10940 ,2607 ,5	18611 ,4435 ,57	21853 ,5208 ,59	32890 ,7838 ,66	37756 ,8997 ,68	53230 ,12685 ,74	86325 ,20571 ,83
40		6547 ,156 ,5	8334 ,1986 ,53	10287 ,2451 ,55	12744 ,3037 ,58	21666 ,5163 ,67	25435 ,6061 ,69	38262 ,9118 ,76	43915 ,10465 ,79	61890 ,14748 ,86	100317 ,23905 ,96
50		7372 ,1757 ,56	9381 ,2235 ,59	11577 ,2759 ,62	14339 ,3417 ,66	24366 ,5506 ,75	28600 ,6815 ,78	43007 ,10249 ,86	49356 ,11761 ,89	69537 ,16537 ,96	112669 ,26849 ,108
60		8119 ,1935 ,62	10330 ,2462 ,65	12746 ,3037 ,69	15785 ,3762 ,72	26811 ,6389 ,82	31466 ,7498 ,86	47305 ,11273 ,95	54283 ,12935 ,98	76461 ,18221 ,106	123852 ,29514 ,119
70		8808 ,2099 ,67	11205 ,267 ,71	13823 ,3294 ,75	17117 ,4079 ,79	29064 ,6926 ,89	34107 ,8128 ,93	51262 ,12216 ,102	58819 ,14017 ,106	82836 ,1974 ,115	134145 ,31967 ,129
80		9451 ,2252 ,72	12020 ,2864 ,76	14828 ,3533 ,8	18358 ,4375 ,84	31163 ,7426 ,96	36567 ,8714 ,1	54949 ,13094 ,11	63046 ,15024 ,13	88775 ,21155 ,123	143734 ,34252 ,138
90		10055 ,2396 ,76	12787 ,3047 ,81	15772 ,3758 ,85	19526 ,4653 ,9	33137 ,7896 ,102	38880 ,9265 ,106	58415 ,1392 ,117	57019 ,15971 ,121	94358 ,22485 ,131	152764 ,363 ,147
100		10627 ,2532 ,8	13513 ,322 ,85	16666 ,3971 ,9	20631 ,4916 ,95	35005 ,8342 ,112	41070 ,9787 ,112	61696 ,14702 ,123	70780 ,16867 ,127	99641 ,23744 ,138	161274 ,38431 ,155
110		11171 ,2662 ,85	14205 ,3385 ,9	17517 ,4174 ,94	21682 ,5167 ,99	36783 ,8765 ,113	43154 ,10283 ,117	64818 ,15446 ,13	74358 ,17719 ,134	104668 ,24942 ,145	169388 ,40365 ,163
120		11692 ,2786 ,89	14866 ,3542 ,94	18331 ,4368 ,99	22688 ,5407 ,104	38483 ,917 ,118	45146 ,10758 ,123	67802 ,16157 ,135	77779 ,18535 ,14	109473 ,26087 ,152	177144 ,42213 ,17
130		12192 ,2905 ,92	15500 ,3694 ,98	19112 ,4554 ,103	23653 ,5637 ,109	40114 ,9559 ,123	47057 ,11214 ,141	70666 ,1684 ,141	81061 ,19317 ,146	114084 ,27186 ,158	184586 ,43986 ,177
140		12673 ,302 ,96	16111 ,3839 ,102	19864 ,4734 ,107	24583 ,5858 ,113	41684 ,9933 ,128	48 ,11652 ,133	73423 ,17496 ,147	84221 ,2007 ,152	118522 ,28244 ,164	191748 ,45693 ,184
150		13138 ,3131 ,1	16700 ,398 ,106	20590 ,4906 ,111	25480 ,6072 ,117	43200 ,10294 ,133	50674 ,12075 ,138	76083 ,1813 ,152	87270 ,20796 ,157	122805 ,29264 ,17	198660 ,4734 ,191
160		13588 ,3238 ,103	17271 ,4116 ,109	21292 ,5074 ,115	26347 ,6279 ,121	44666 ,10644 ,137	52392 ,12485 ,143	78657 ,18744 ,157	90220 ,21499 ,162	126949 ,30252 ,176	205347 ,48934 ,197
170		14023 ,3342 ,106	17824 ,4247 ,113	21973 ,5236 ,118	27189 ,6479 ,125	46088 ,10983 ,142	54058 ,12882 ,147	81152 ,19339 ,162	93080 ,22181 ,168	130966 ,31209 ,182	211829 ,50479 ,204
180		14447 ,3443 ,109	18361 ,4375 ,116	22634 ,5394 ,122	28006 ,6674 ,128	47469 ,11312 ,145	55676 ,13268 ,152	83576 ,19916 ,167	95858 ,22843 ,173	134867 ,32139 ,187	218124 ,51979 ,21
190		14859 ,3541 ,113	18884 ,45 ,119	23278 ,5547 ,125	28801 ,6863 ,132	48812 ,11532 ,15	57250 ,13643 ,156	85934 ,20478 ,172	98560 ,23487 ,177	138662 ,33043 ,192	224248 ,53438 ,216
200		15260 ,3637 ,116	19393 ,4621 ,123	23905 ,5697 ,129	29576 ,7048 ,136	50121 ,11944 ,154	58784 ,14008 ,176	88230 ,21025 ,182	101193 ,24114 ,182	142359 ,33924 ,198	230200 ,54859 ,221
220		16035 ,3821 ,121	20376 ,4855 ,129	25114 ,5985 ,135	31070 ,7404 ,143	52644 ,12345 ,162	61741 ,14713 ,168	92659 ,2208 ,185	106268 ,25323 ,191	149487 ,35623 ,207	241714 ,576 ,232
240		16775 ,3997 ,127	21315 ,5079 ,135	26270 ,626 ,142	32498 ,7744 ,149	55056 ,1312 ,169	64567 ,15386 ,176	96891 ,23089 ,194	111119 ,26479 ,2	156300 ,37246 ,217	252706 ,60219 ,243
260		17485 ,4167 ,132	22215 ,5294 ,14	27379 ,6524 ,148	33868 ,8071 ,155	57370 ,13671 ,176	67279 ,16032 ,183	100952 ,24057 ,202	115773 ,27588 ,208	162835 ,38803 ,226	263250 ,62732 ,253
280		18168 ,4329 ,138	23083 ,5501 ,146	28446 ,6779 ,153	35187 ,8385 ,161	59598 ,14202 ,183	59889 ,16654 ,19	104860 ,24988 ,21	120251 ,28656 ,216	169125 ,40302 ,235	273397 ,6515 ,263
300		18828 ,4487 ,143	23920 ,57 ,151	29476 ,7024 ,159	36459 ,8688 ,167	61747 ,14714 ,19	72407 ,17255 ,197	108632 ,25887 ,217	124574 ,29686 ,224	175194 ,41749 ,243	283189 ,67484 ,272
400		21841 ,5205 ,143	27741 ,6611 ,175	34180 ,8145 ,184	42270 ,10073 ,194	71560 ,17053 ,22	83904 ,19994 ,228	125846 ,29989 ,251	144302 ,34387 ,26	202897 ,4835 ,282	327879 ,78133 ,315
500		24497 ,5838 ,186	31111 ,7414 ,197	38327 ,9133 ,207	47393 ,11294 ,217	80210 ,19114 ,246	94039 ,22409 ,256	141020 ,33605 ,282	161691 ,38531 ,291	227314 ,54169 ,315	367266 ,37519 ,353
600		26901 ,641 ,204	34159 ,814 ,206	42078 ,10027 ,227	52027 ,12398 ,239	88034 ,20978 ,271	103206 ,24594 ,281	154743 ,36875 ,309	177418 ,42278 ,319	249395 ,5943 ,346	402883 ,96006 ,387
700		29112 ,6937 ,221	36964 ,8808 ,234	45529 ,10849 ,245	56289 ,13414 ,258	95321 ,22693 ,293	111638 ,26603 ,304	167366 ,39883 ,334	191883 ,45725 ,345	269705 ,6427 ,374	435642 ,103813 ,419

HERZ - Termostatický ventil TS-98-V spodní díl s plynulým odečitatelným přednastavením

Technický list k TS-98-V, vydání 09 2020

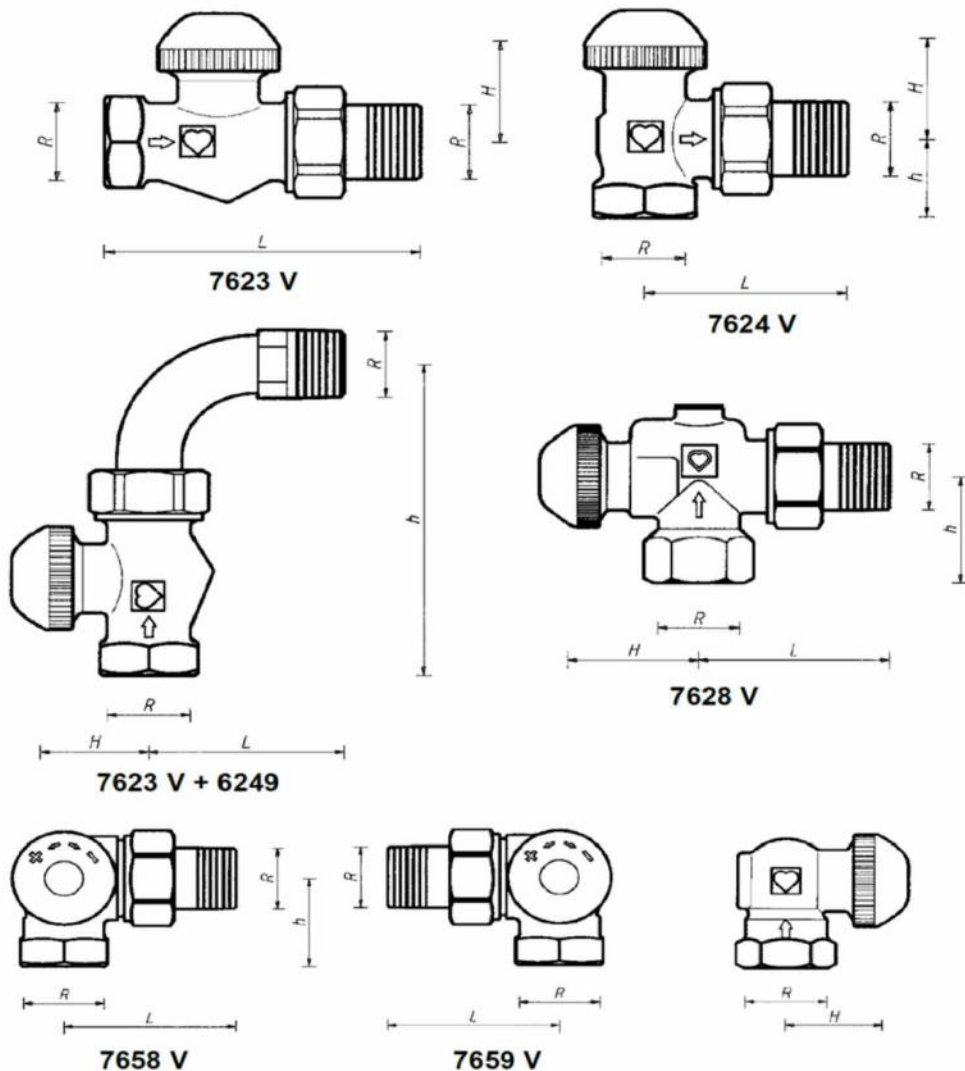
HERZ TS-98-V

Termostatický vršek



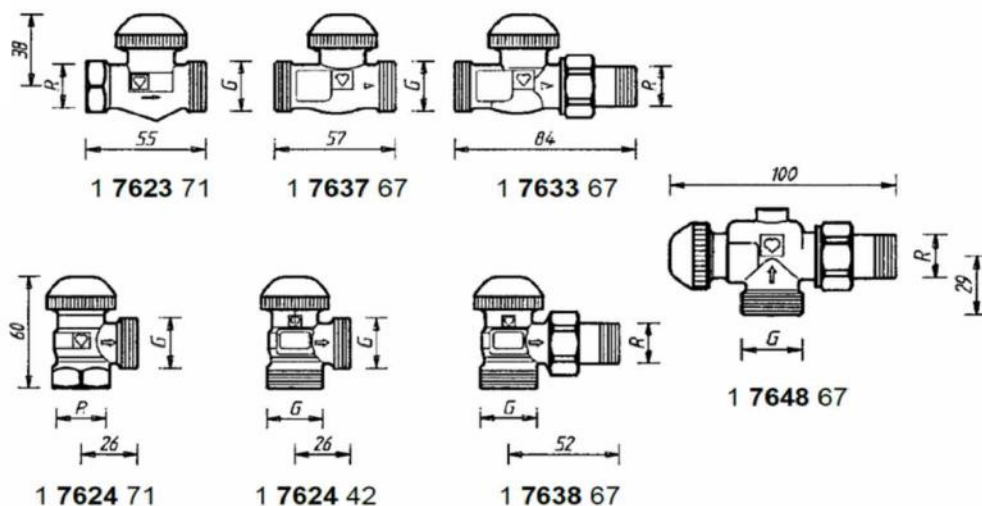
011
EN 215

kontrolováno a
registrováno - výrobek
certifikovaný podle Datové
banky DIN CERTCO



Další provedení

R = R 1/2
G = G 3/4



Montážní rozměry v mm pro provedení podle EN 215 T 2 HD 1215

Objednávkové číslo	Popis	DN	R*	G**	Ø	L	H	h
1 7623 65	výrobní řada "F" přímý ventil, s vnitřním závitem	10	3/8	-	12	75	27	-
1 7623 67		15	1/2	-	15	83	27	-
1 7623 69		20	3/4	-	18	98	27	-
1 7624 65	výrobní řada "F" rohový ventil, s vnitřním závitem	10	3/8	-	12	49	27	20
1 7624 67		15	1/2	-	15	54	27	23
1 7624 69		20	3/4	-	18	63	27	23
1 7628 65	rohový ventil „speciál“ s vnitřním závitem	10	3/8	-	12	49	35	27
1 7628 67		15	1/2	-	15	55	35	29
1 7658 67	tříosý „AB“ s vnitřním závitem	15	1/2	-	15	53	26	31
1 7659 67	tříosý „CD“ s vnitřním závitem	15	1/2	-	15	53	26	31
1 7633 67	přímý ventil s vnějším závitem	15	-	3/4	15	83	27	-
1 7638 68	rohový ventil s vnějším závitem	15	-	3/4	15	54	27	23
1 7648 67	rohový ventil „speciál“ s vnějším závitem	15	-	3/4	15	55	35	29
1 7645 67	tříosý „AB“ s vnějším závitem	15	-	3/4	15	53	26	31
1 7646 67	tříosý „CD“ s vnějším závitem	15	-	3/4	15	53	26	31

* vnitřní závit upravený pro závitovou trubku nebo závitovou spojku

** vnější závit s kuželovým těsněním určeným pro přechodku

Provedení

Všechny termostatické ventily jsou dodávány v poniklovaném provedení. Dodávají se s oranžovou přepravní krytkou.

Provedení s vnitřním závitem jsou určena pro napojení na závitovou trubku nebo závitovou spojku. Provedení s vnějším závitem s kuželovým těsněním jsou určena pro přímé napojení trubek pomocí přechodek pro plastové nebo měděné trubky.

Oblast využití

Termostatický ventil se používá ve vytápěcích systémech pro připojení topných těles nebo jiných tepelných spotřebičů a zároveň k hydraulickému vyvážení soustavy.

Technické údaje

Max. provozní tlak: 10 bar

Max. provozní teplota: +110 °C

Provozní médium:

Kvalita plnicího média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035.

Při použití přechodek HERZ pro měděné a ocelové trubky jsou příslušné teplotní a tlakové údaje ve smyslu EN 1254-2: 1998 podle tab. 5 upraveny. Při použití přechodek na plastové trubky platí max. provozní teplota +80 °C a max. provozní tlak 4 bar, pokud výrobce trubek neuvádí hodnoty nižší.

Připojení ventilu k topnému tělesu

Na ventilu je namontovaná železná spojka s kuželovým těsněním. Při montáži ventilu na topné těleso doporučujeme použití montážního klíče HERZ 6680.

Připojení ventilu k potrubí

Při napojení ventilu s vnitřním závitem třeba podle typu použitého potrubí použít přechodku na plastové trubky 6098 resp. přechodku pro měděné a tenkostěnné ocelové trubky 6276 a mezi přechodku a ventil vložít spojku R1/2 x G3/4 (1 6266 12 pro DN15) nebo spojku R3/4 x G3/4 (1 6266 20 pro DN20). Při napojení ventilu s vnějším závitem (všechna dostupná provedení mají vnější závit G 3/4) je třeba podle typu potrubí použít přechodku na plastové trubky 6098 resp. přechodku pro měděné a tenkostěnné ocelové trubky 6276 (spojka není potřeba). Přechodky a spojky se prodávají zvlášť.

Funkce přednastavení

Přednastavení umožňuje těleso škrticí klapky, které je připojené za sedlem ventilu a obklopuje těsnění sedla, je zvnějšku plynule nastavitelné a neovlivňuje pracovní zdvih vřetena ventilu. Přednastavení je možné provést ručně nastavením oranžového tlačítka předvolby. Ukazatel na tlačítku předvolby je nastaven na číslo na stupnici v horní části, které vyplývá z výpočtu nebo ze standardního diagramu HERZ. Nastavovací klíč HERZ-TS-98-V (1 6819 98) je k dispozici jako pomůcka pro nastavení, kterou je možné připevnit k ozubení tlačítka předvolby.

Postup přednastavení

K přednastavení ventilu použijeme oranžový nastavovací klíč 1 6819 98.

Zářez na oranžovém kolečku zobrazuje přednastavení „0“.



1. Odmontujeme z ventilu termostatickou hlavici, ruční hlavici nebo ochrannou krytku.
2. Ventil se dodává jako zcela otevřený, což znamená, že značka přenastavení (zářez na oranžovém ozubeném kolečku s trojúhelníkem na spodní straně ukazuje přednastavení „0“). Přednastavení «0» zároveň odpovídá přednastavení «6» - zcela otevřený ventil.
3. Nasadíme nastavovací klíč na ventil tak, aby výstupek zapadl do zářezu na ozubeném kolečku a otáčením ve směru hodinových ručiček (otoční o 360 °) ventil zcela zavřeme. Zářez na oranžovém kolečku bude opět odpovídat značce „0“.
4. S přednastavením začínám z polohy zcela uzavřeného ventilu („0“) a to tak, že otáčením nastavovacího klíče proti směru hodinových ručiček nastavíme požadovanou hodnotu přednastavení, např. 4 = zářez na oranžovém ozubeném kolečku je na značce „4“.
5. Nastavovací klíč z ventilu sundáme.
6. Namontujeme na ventil termostatickou hlavici, ruční hlavici nebo ochrannou krytku.

HERZ TS-98-V a kompatibilita s jinými termostatickými ventily

Termostatický ventil se skládá ze spodní a horní části, termostatického vršku. Termostatický vršek můžeme z ventilu vyšroubovat a nahradit ho jiným typem termostatického vršku, přičemž můžeme použít termostatické vršky z těchto ventilů:

- TS-90 - přičemž kompatibilní je pouze vršek DN15
- TS-90-V - kompatibilní jsou všechny rozměry
- TS-99-V - kompatibilní jsou všechny rozměry
- TS-99-kv - kompatibilní jsou všechny hodnoty kv

Výměnou termostatického vršku dosáhneme hydraulické charakteristiky ventilu podle použitého termostatického vršku a není potřeba výměna celého ventilu.

Termostatický vršek můžeme vyměnit i během provozu vytápěcího systému bez nutnosti odpojení či vypouštění topného tělesa. Na výměnu termostatického vršku během provozu použijeme zařízení na výměnu HERZ Changefix. Zařízení HERZ Changefix můžeme použít i v případě, kdy je potřeba vyčistit těleso zvnějšku, resp. jej vyměnit za nové. Při použití HERZ Changefix je třeba dodržovat přiložený návrh k obsluze.

HERZ TS-98-V těsnění vřetena v horní části

Speciální těsnicí kroužek slouží jako těsnění vřetena a díky němu se ventil stále snadno pohybuje a nepotřebuje údržbu. Pokud je těsnění vřetena opotřebované, je třeba vyměnit termostatický vršek ventilu a zároveň i poškozené těsnění sedla.

Po výměně termostatického vršku je třeba ventil opět přenastavit na původní stupeň (viz. postup výše: „Postup přenastavení“). Termostatický vršek je možné vyměnit pomocí zařízení HERZ Changefix, když je systém pod tlakem; je třeba dodržovat provozní pokyny zařízení HERZ Changefix. Objednací číslo termostatického vršku HERZ-TS-98-V je 1 6367 98 (platí pro všechny DN ventilu).

**Jmenovitý zdvih termostatického ventilu HERZ**

Ochranná oranžová krytka se používá pouze při přepravě a montáži a v průběhu natlakování a proplachování systému. Po uvedení systému do provozu ochrannou krytku odšroubujeme a našroubujeme termostatickou hlavici HERZ s přípojovacím závitem M 28x1,5, a to bez nutnosti vypuštění systému.

Nastavení jmenovitého zdvihu pomocí šroubového uzávěru:

Na horní části krytky jsou dvě značky «+» a «-».

1. Ventil uzavřít pomocí krytky otáčením ve směru hodinových ručiček.
2. Označit polohu, na níž je značka «+»
3. Otočit krytkou proti směru hodinových ručiček tak, aby se značka «-» dostala do polohy, v níž byla předtím značka «+».

**HERZ-TS Ruční provoz**

Pokud ventil nemá být vybavený termostatickou hlavici, můžeme krytku nahradit ruční hlavici s přípojovacím závitem M 28x1,5. Při montáži dodržujeme přiložený návod.

**Zabudování do systému**

Při zabudování termostatického ventilu do systému je třeba dodržet směr proudění média ventilem, který je na ventilu vyznačený šipkou. Termostatická hlavice HERZ by měla být v horizontální poloze, aby optimálně snímala vnitřní teplotu místnosti a zajistila požadovanou regulaci v místnosti.

**Návod k montáži**

Termostatická hlavice HERZ by v žádném případě neměla být vystavena přímému slunečnímu záření nebo zařízením silně vyzařujícím teplo.

Je-li topné těleso zakryto (záclonou), vytvoří se kolem něj zóna nahromadění tepla, ve které termostat nesnímá skutečnou teplotu místnosti, proto ji nemůže regulovat.

V těchto případech se použije termostatická hlavice HERZ s odděleným čidlem nebo termostat HERZ s odděleným nastavením. Podrobnosti o termostatech HERZ jsou uvedeny v příslušných technických listech.

**Letní nastavení**

Po skončení topné sezóny doporučujeme termostatickou hlavici otočením proti směru hodinových ručiček úplně otevřít, aby se zabránilo přilepení ventilového sedla tělesu ventilu.


**Příslušenství**

1 6680 00	montážní klíč
1 6819 98	nastavovací klíč
1 7780 00	HERZ-Changefix zařízení k výměně termostatických vršků
1 9102 80	HERZ-TS-90-ruční hlavice série 9000 «Design»

**Likvidace**

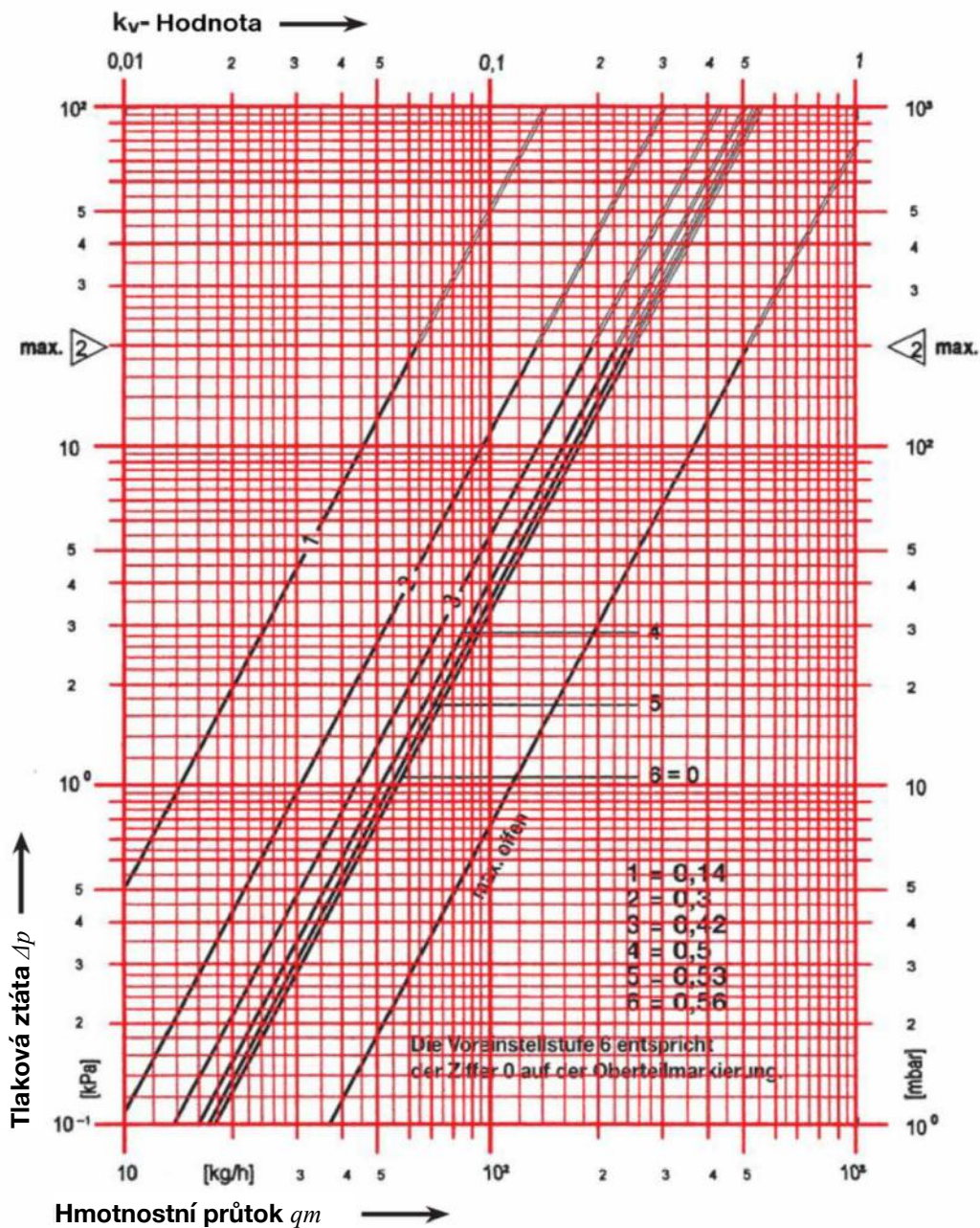
Při likvidaci je třeba dodržovat místní aktuálně platné právní předpisy.

Veškeré údaje uvedené v tomto dokumentu odpovídají informacím předloženým v době tisku a nemusí být úplné. Změny ve smyslu technického pokroku jsou vyhrazeny. Vyobrazení jsou jen symbolická, a proto se od skutečných výrobků mohou odlišovat. Možné barevné odchylky jsou způsobeny tiskem. Výrobky se mohou v různých zemích lišit. Změny technických specifikací a funkce jsou vyhrazeny. S případnými dotazy se prosím obraťte nejbližší pobočce společnosti HERZ.

 Nomogramy

Nomogram pro termostatický ventil HERZ TS-98-V pro DN10 / DN15 / DN20

Dimenzování ventilu (Δp) provádíme podle katalogového listu VDMA o projektování a hydraulickém vyvažování vytápěcích soustav s termostatickými ventily na topných tělesech.



Údaje se vztahují ke statickému tlaku od 2,5 - 10 bar.

Pásmo proporcionality (K)	k _v hodnota							
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Přednastavení								
1	0,05	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
2	0,13	0,25	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
3	0,14	0,26	0,38	0,42	0,44	0,44	0,45	0,45
4	0,14	0,27	0,39	0,50	0,54	0,55	0,56	0,57
5	0,15	0,28	0,40	0,53	0,66	0,70	0,72	0,73
6	0,15	0,28	0,41	0,56	0,70	0,76	0,80	0,81

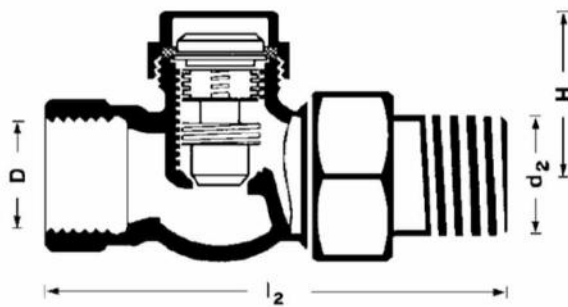
HERZ - Ventil do zpátečky RL 5 s 5-ti funkcemi: připojení, uzavření, přednastavení, napaštění a vypuštění

Technický list k RL 5, vydání 09 2020

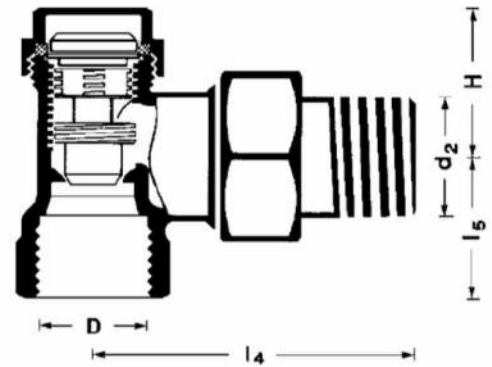
HERZ RL 5

R=R 1/2

vnitřní závit upravený pro závitovou trubku nebo závitovou spojku



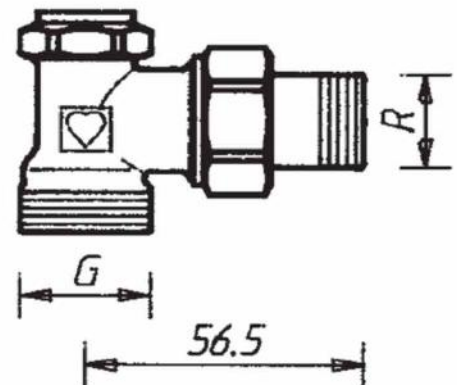
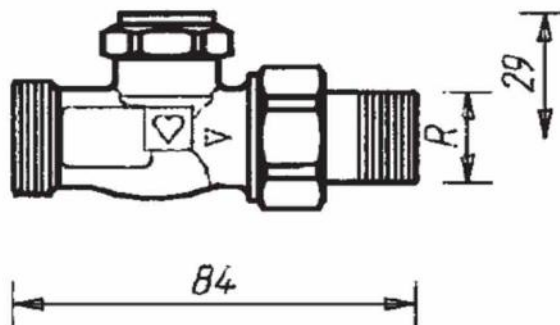
3923



3924

G=G 3/4

vnější závit s kuželovým těsněním určeným pro přechodku



Montážní rozměry v mm pro provedení podle DIN 3842 - řada 1, objednávková čísla

Objednávkové číslo	Popis	DN	Připojení D, d2	l ₂	l ₄	H	l ₅
			(ins)				
1 3923 00	Přímý ventil DARE	10	3/8	75	-	30	-
1 3923 01		15	1/2	81	-	30	-
1 3923 02		20	3/4	92	-	30	-
1 3924 00	Rohový ventil EARE	10	3/8	-	51	29	23
1 3924 01		15	1/2	-	57	29	25
1 3924 02		20	3/4	-	67	29	28

Provedení

Všechna provedení ventilů do zpátečky mají povrchovou úpravu poniklováním. Provedení s vnitřním závitem jsou určena pro napojení na závitovou trubku nebo závitovou spojku. Provedení s vnějším závitem s kuželovým těsněním jsou určena pro přímé napojení trubek pomocí přechodek pro plastové nebo měděné trubky.

Oblast využití

HERZ ventil do zpátečky RL 5 se používá v topných systémech pro připojení topných těles na vratné potrubí nebo pro připojení jiných tepelných spotřebičů pro hydraulické vyregulování soustavy. Pokud je zároveň uzavřený termostatický ventil na přívodním potrubí do topného tělesa (poloha „0“ pro termostatické ventily), je možné topné těleso demontovat, i když je systém pod tlakem. Servisní práce nebo práce na stěně za topným tělesem (tapetování, obkládání) je možné udělat bez nutnosti odstavení systému. Pomocí ventilu HERZ RL 5 je možné přesně vyregulovat množství vytápěcí vody protékající topným tělesem. Topné těleso je možné napustit nebo vypustit pomocí ventilu do zpátečky HERZ RL 5.

Technické údaje

Max. provozní tlak: 10 bar
Max. provozní teplota: +120°C
Provozní médium:

Kvalita plnicího média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035. Při použití přechodek HERZ pro měděné a ocelové trubky jsou příslušné teplotní a tlakové údaje ve smyslu EN 1254-2: 1998 podle tab. 5 upraveny. Při použití přechodek na plastové trubky platí max. provozní teplota +80 °C a max. provozní tlak 4 bary, pokud výrobce trubek neuvádí hodnoty nižší.

Připojení ventilu k topnému tělesu

Na ventilu je namontovaná ocelová přípojka s kuželovým těsněním. Při montáži ventilu na topné těleso doporučujeme použití montážního klíče HERZ 6680.

Připojení ventilu k potrubí

Při napojení ventilu s vnitřním závitem třeba podle typu použitého potrubí použít přechodku na plastové trubky 6098 resp. přechodku pro měděné a tenkostěnné ocelové trubky 6276 a mezi přechodku a ventil vložit spojku R1/2 x G3/4 (1 6266 12 pro DN15) nebo spojku R3/4 x G3/4 (1 6266 20 pro DN20). Při napojení ventilu s vnějším závitem (všechna dostupná provedení mají vnější závit G 3/4) je třeba podle typu potrubí použít přechodku na plastové trubky 6098 resp. přechodku pro měděné a tenkostěnné ocelové trubky 6276 (spojka není potřeba). Přechodky a spojky se prodávají zvlášť.

Konstrukční zvláštnosti

Ventil má dva kužely. Vnější kužel je určený k zavření a otevření ventilu pomocí víceúčelového klíče 1 6225 00. Druhý, vnitřní kužel je určený k přednastavení požadovaného průtoku média ventilem. Přednastavení je jemně odstupňované pomocí polohy vřetena a volba přednastavení je na základě nomogramu nebo tabulky s hodnotami kv. Při uzavření ventilu pomocí vnějšího kužele se hodnota přednastavení vnitřního kužele nezmění.

Přednastavení ventilu

K přednastavení ventilu použijeme nastavovací klíč (obj. č. 1 6639 01) a k uzavření víceúčelový klíč (obj. č. 1 6625 00).

1. U ventilu odmontujeme ochrannou krytku.
2. Víceúčelovým klíčem 1 6625 00 ventil otáčením ve směru hodinových ručiček až na doraz uzavřeme (uzavřeme vnější kužel). Krouticí moment max. 6 Nm.
3. Nastavovacím klíčem 1 6639 01 otáčením ve směru hodinových ručiček až na doraz uzavřeme přednastavovací šroub (uzavřeme vnitřní kužel).
4. Na nastavovacím klíči 1 6639 01 je červená rýha, jejíž polohu si pohledem zafixujeme. Otáčením proti směru hodinových ručiček vyberme požadovaný stupeň přednastavení, přičemž 1 stupeň přednastavení = otočení červené rýhy o 360°. Je-li třeba nastavit ventil na hodnotu 4,5, otočíme nastavovacím klíčem 4 krát po 360° a plus jeden krát otočení o 180°, tzn. otočíme 4 a půl otáčky.
5. Víceúčelovým klíčem 1 6625 00 otáčením proti směru hodinových ručiček až nadoraz ventil otevřeme.
6. Namontujeme na ventil ochrannou krytku. Krouticí moment 5-10 Nm.

Upozornění: Ventil HERZ RL 5 je dodáváný z výroby tak, aby byl ventil i přednastavení zcela otevřený. Přednastavovací vřeteno se z této polohy již nesmí otáčet doleva. Hlava šroubu nesmí z hlavního vřetena vychýlávat!

Vypouštění topného tělesa ventilem

Při demontáži ochranné krytky z ventilu a uzavření ventilu HERZ RL 5 (krouticí moment 5 - 8 Nm) pomocí víceúčelového klíče 1 6625 00 a zároveň uzavření termostatického ventilu na přívodu do topného tělesa (termostatická hlavice je nastavená v poloze „0“) a topné těleso je možné vypustit, i když je systém pod tlakem. K vypuštění je potřeba HERZ adaptér hadicové přípojky 1 0256 01.

1. Na ventil našroubujeme adaptér hadicové přípojky 1 0256 01.
2. Připojíme hadici R = 1/2, konec hadice by měl být pod úrovní topného tělesa. Po uvolnění čtyřhranné matky je možné spojovací kus adaptéru k připojení hadice otočit. Po vytočení znova utáhneme (5-10 Nm).
3. Víceúčelový klíč nasadíme na čtyřhran, vřeteno zafixujeme do horní části stlačením ve směru ventilu HERZ RL 5. Otočení doleva nadoraz se zpětný ventil otevře směrem ven a začne vypouštění. Během vypouštění otevřeme odvzdušňovací ventil na topném tělesu.
4. Po vypuštění ventil uzavřeme (8-10 Nm), odmontujeme adaptér hadicové přípojky a našroubujeme ochrannou krytku (5-10 Nm).
5. Nyní můžeme topné těleso demontovat.

- Napouštění topného tělesa ventilem**
Napouštění topného tělesa se provádí v opačném pořadí, přičemž je třeba nezapomenout na to, že nesmí být překročen přípustný provozní tlak systému. Topné těleso je možné napustit prostřednictvím vytápěcího systému otevřením vřetena.

- Průtoková charakteristika ventilu - kv hodnota (m³/h)**

Přednastavení ventilu - počet otáček z uzavřené polohy vnitřního vřetene	kv hodnota ventilu (m ³ /h)					
	Přímý ventil HERZ RL 5			Rohový ventil HERZ RL 5		
	DN10	DN15	DN20	DN10	DN15	DN20
0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,5	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,27	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
1	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
2	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
3	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
4	0,72	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
5	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10
6	1,12	1,16	1,30	1,30	1,30	1,30
7	1,19	1,26	1,34	1,45	1,45	1,45
8	1,21	1,32	1,47	1,60	1,60	1,60
9	1,27	1,38	1,55	1,75	1,75	1,75
10	1,40	1,50	1,65	1,90	1,90	1,90

- Těsnění vřetene**
Ventil a přednastavovací vřeteno jsou utěsněny O-kroužky. Ty zajišťují lehký pohyb ventilu a jeho dlouhodobou bezúdržbovost až do stanovené provozní teploty.

- Zabezpečení**
Proti nežádoucím zásahům je ventil zabezpečený našroubovaným kovovým krytem s těsněním.

- Příslušenství**
 - 1 0256 01 Adaptér hadicové přípojky
 - 1 6206 01 Hadicová přípojka
 - 1 6625 00 Víceúčelový klíč
 - 1 6639 01 Nastavovací klíč
 - 1 6680 00 Montážní klíč

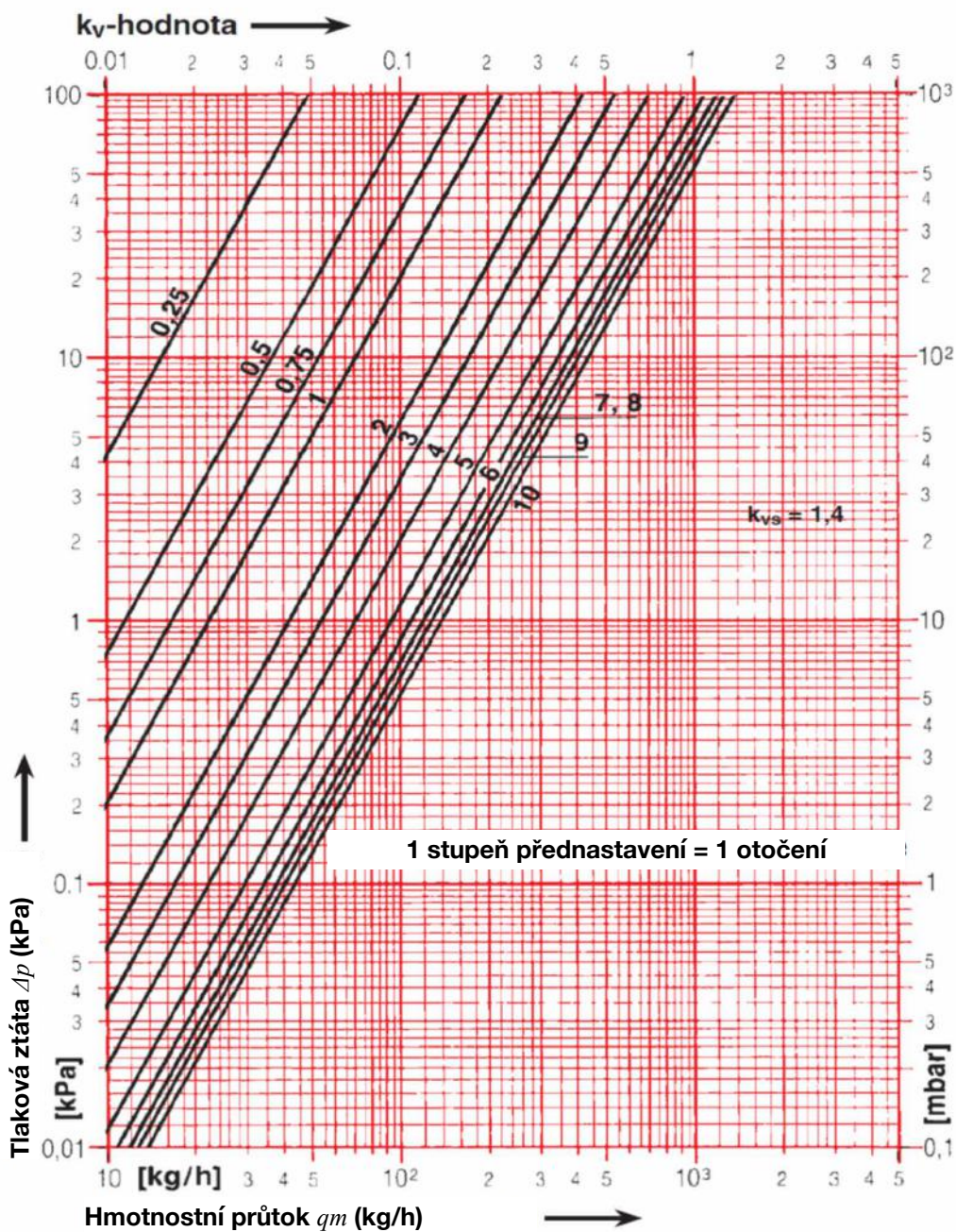
- Náhradní díly**
 - 1 6304 00 Vršek s těsněním vřetene

- Likvidace**
Při likvidaci je třeba dodržovat místní aktuálně platné právní předpisy.

Veškeré údaje uvedené v tomto dokumentu odpovídají informacím předloženým v době tisku a nemusí být úplné. Změny ve smyslu technického vývoje jsou vyhrazeny. Vyobrazení jsou jen symbolická, a proto se od skutečných výrobků mohou odlišovat. Možné barevné odchylky jsou způsobeny tiskem. Výrobky se mohou v různých zemích lišit. Změny technických specifikací a funkce jsou vyhrazeny. S případnými dotazy se prosím obraťte nejbližší pobočku společnosti HERZ.

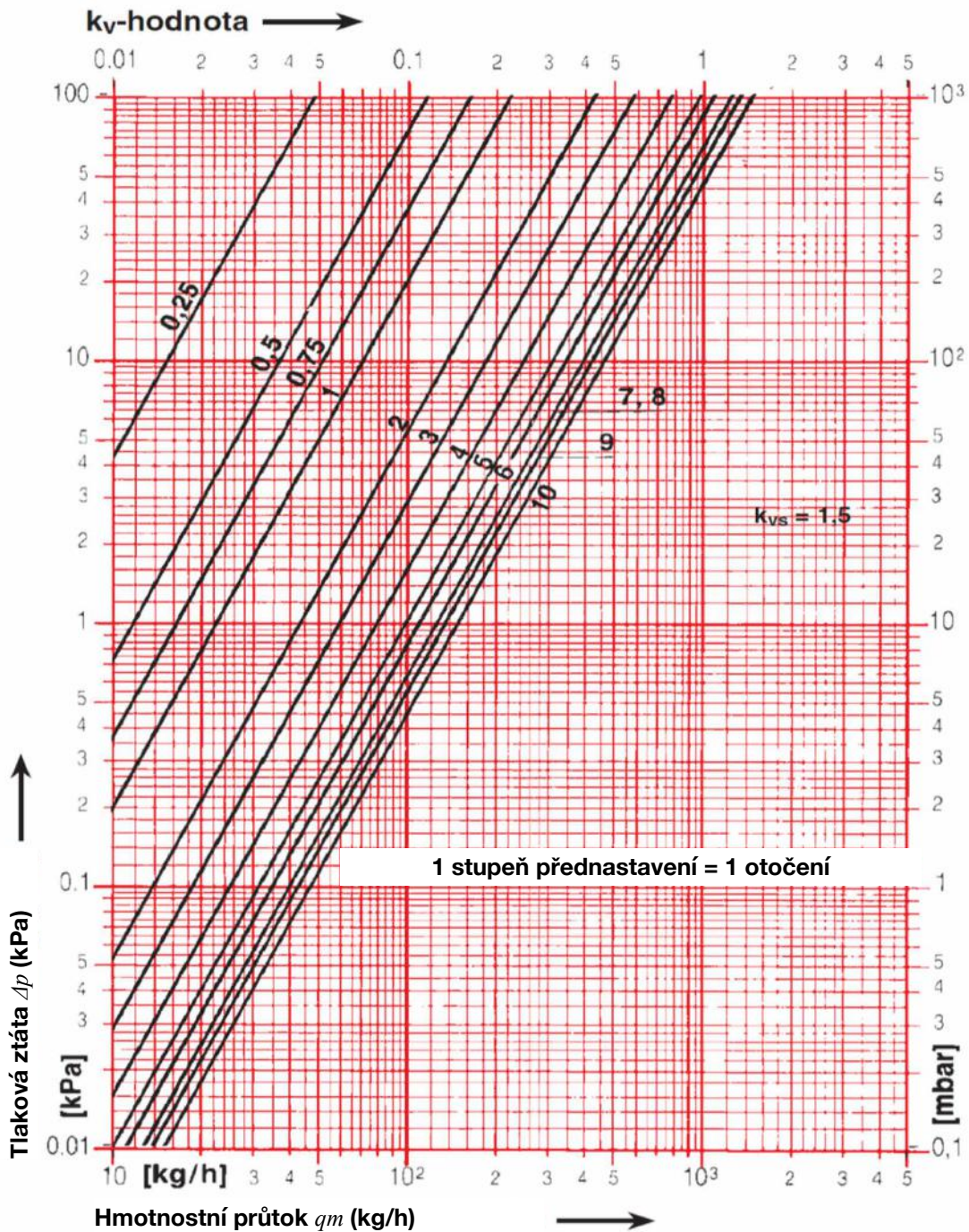
Nomogramy

Nomogram pro ventil do zpátečky HERZ RL 5 přímý - DN10 - 1 3923 00



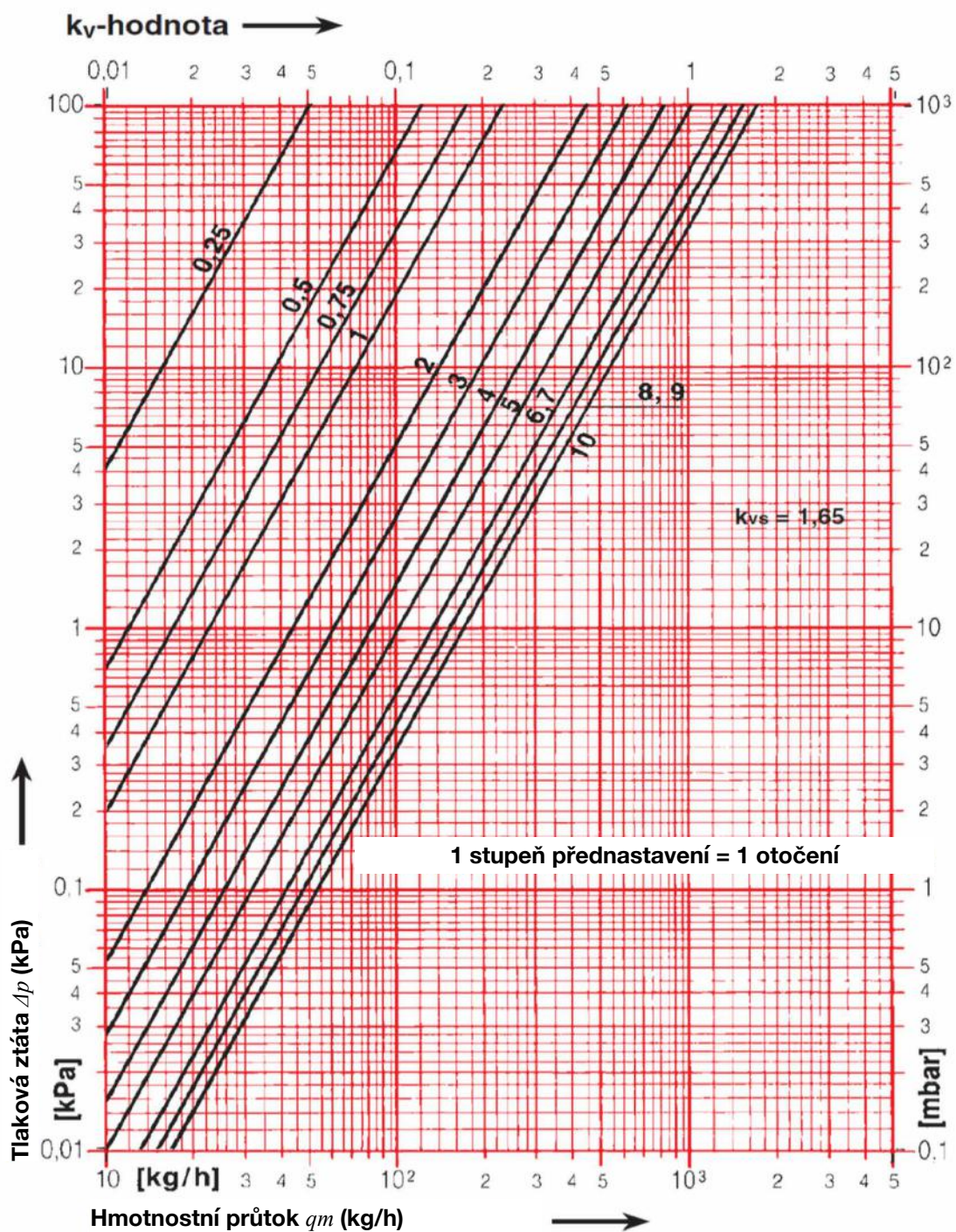
Nomogramy

Nomogram pro ventil do zpátečky HERZ RL 5 přímý - DN15 - 1 3923 01 / 1 3937 11



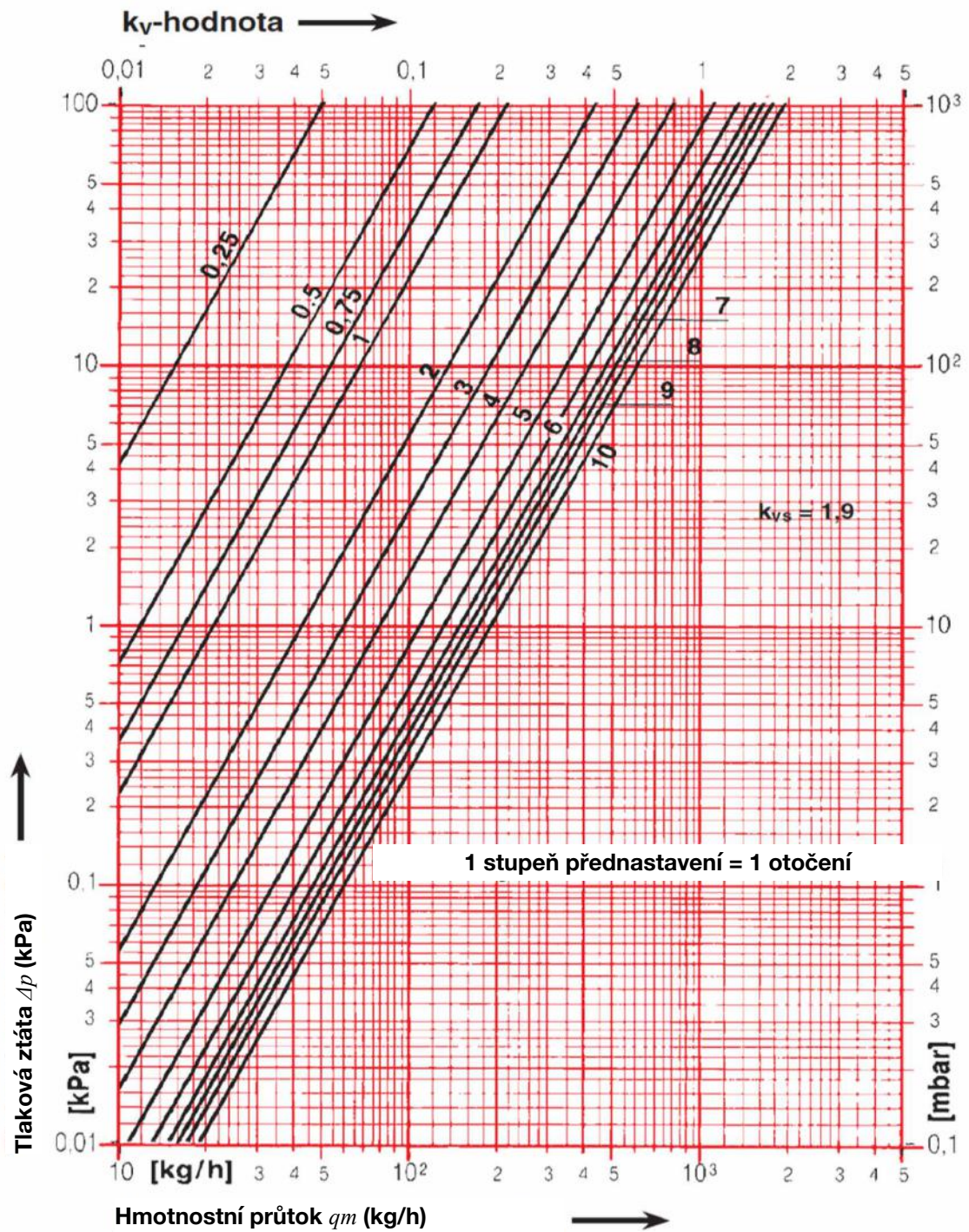
Nomogramy

Nomogram pro ventil do zpátečky HERZ RL 5 přímý - DN20 - 1 3923 02



Nomogramy

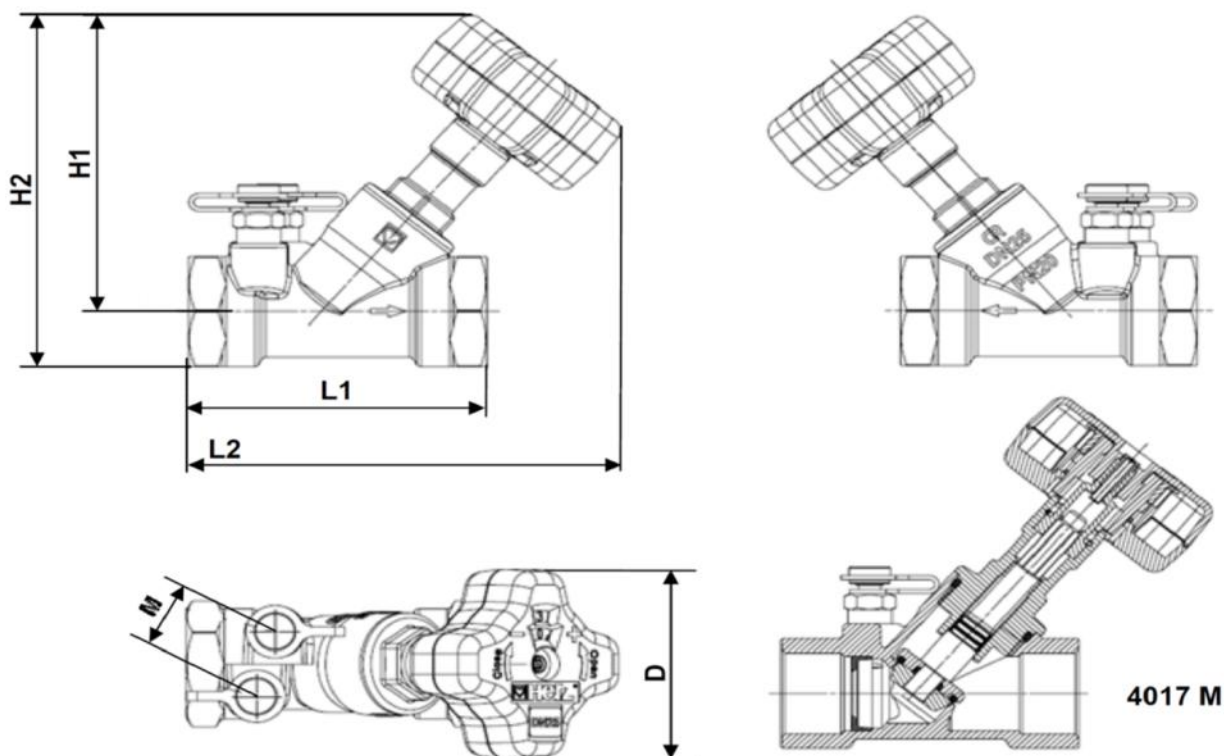
Nomogram pro ventil do zpátečky HERZ RL 5 rohový - DN10 / DN15 / DN20 - 3924 / 1 3948 11



HERZ - Vyvažovací ventil Strömax 4017 M/R s měřicími ventilkou v závitovém provedení

Technický list k 4017 M/R, vydání 09 2020

Montážní rozměry v mm



Objednávkové číslo	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	k_{vs} ventilu	k_v měřící clony
1 4017 11	15 LF	83	129	96	109	25	70	0,46	0,48
1 4017 21	15 MF	83	129	96	109	25	70	0,88	0,97
1 4017 01	15	83	129	96	109	25	70	2,00	1,95
1 4017 02	20	91	135	99	115	25	70	3,60	3,95
1 4017 03	25	110	146	109	130	25	70	6,50	7,90
1 4017 04	32	122	159	117	142	25	70	13,30	15,75
1 4017 05	40	135	178	136	163	25	70	18,50	21,50
1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	33,00	46,70

Objednávkové číslo	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	k_{vs} ventilu
1 4017 01	15	83	129	96	109	25	70	2,00
1 4017 02	20	91	135	99	115	25	70	3,60
1 4017 03	25	110	146	109	130	25	70	6,50
1 4017 04	32	122	159	117	142	25	70	13,30
1 4017 05	40	135	178	136	163	25	70	18,50
1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	33,00


Provedení

Vyvažovací ventil se šikmým sedlem ze slitiny mědi. Veškeré díly přicházející do kontaktu s vodou jsou vyrobeny z mosazi odolné proti vyplavování zinku. Horní část ventilu má nestoupavé vřeteno.

1 4017 0X / 11 / 21
STROMAX 4017 M, vyvažovací ventil s měřicí clonou s měřicími ventilkou k měření tlakového rozdílu, v šikmém provedení

Žluté provedení z mosazi odolné proti vyplavování zinku, vnitřní x vnitřní závit, těsnění vřetena s dvojitým těsnícím O-kroužkem, přednastavení na základě omezení zdvihu, ukazatel stupně přednastavení v okénku na ručním ovladači.

1 4017 6X
STROMAX 4017 R, vyvažovací ventil v šikmém provedení

Žluté provedení z mosazi odolné proti vyplavování zinku, vnitřní x vnitřní závit, těsnění vřetena s dvojitým těsnícím O-kroužkem, přednastavení na základě omezení zdvihu, ukazatel stupně přednastavení v okénku na ručním ovladači.


Oblast využití

Vyvažovací ventil se používá k uzavření a vyregulování topných systémů a chlazení v obytných budovách, resp. k hydraulickému vyvážení rozvodného potrubí.


Technické údaje

Max. provozní tlak: 20 bar
 Max. provozní teplota: +130°C
 Max. diferenční tlak při zavřeném sedle ventilu: 10 barů
 Ventil je možné uzavřít otáčením proti směru hodinových ručiček.

Provozní médium:

Kvalita plnicího média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035. Při použití nemrznoucí směsi na bázi etylénu nebo propylenglykolu je přípustný poměr smísení s upravenou vodou 25 - 50 % nemrznoucí směsi v celkovém obsahu média, přičemž je třeba se při zpracování řídit pokyny výrobce nemrznoucí směsi.

Těsnění EPDM se mohou při kontaktu s mazivými na bázi minerálních látek poškodit, a ztratit tak těsnicí schopnost.


Přednastavení ventilu

Na červeném ručním ovladači jsou dvě okénka s číslicemi. Černé číslo označuje celý stupeň přednastavení, červené číslo desetiny. Otáčením ručního ovladače se mění číselná hodnota v okénkách. Požadovanou hodnotu přednastavení nastavíme otáčením ručního ovladače, dokud se v okénkách nezobrazí požadovaná hodnota.

Postup přednastavení


1. Požadovaná hodnota přednastavení ventilu je daná výpočtem projektanta, např. 3,2.
2. Otáčením ručního ovladače proti směru hodinových ručiček až na doraz ventil zcela uzavřeme a zkontrolujeme, zda se v této poloze v okénku na ručním ovladači objeví dvě nuly: 0,0.
 - 2.1 Pokud ano, postupujeme podle níže uvedených bodů 3 a 4.
 - 2.2 Pokud se zobrazuje jiná hodnota, postupujeme nejdříve podle bodů 5 až 8 a poté podle bodů 3 a 4.
3. Otáčením ručního ovladače, dokud se v okénkách nezobrazí tato požadovaná hodnota, 3-černé číslo, 2-červené číslo.
4. Ventil je přednastavený a plně funkční. Doporučujeme tuto hodnotu nastavení zafixovat a ventil tak zabezpečit před nepovolaným zásahem.
5. Pokud je ventil zcela zavřený, odšroubujeme fixační šroub na ručním ovladači a složíme ruční ovladač z ventilu.
6. Na spodní části ovladače se nachází bílý plastový kroužek.
7. Otáčíme bílým plastovým kroužkem, dokud se v okénkách neobjeví dvě nuly: 0,0.
8. Na ventil nasadíme ruční ovladač a zašroubujeme fixační šroub. Dále postupujeme podle níže uvedených bodů 3 a 4.

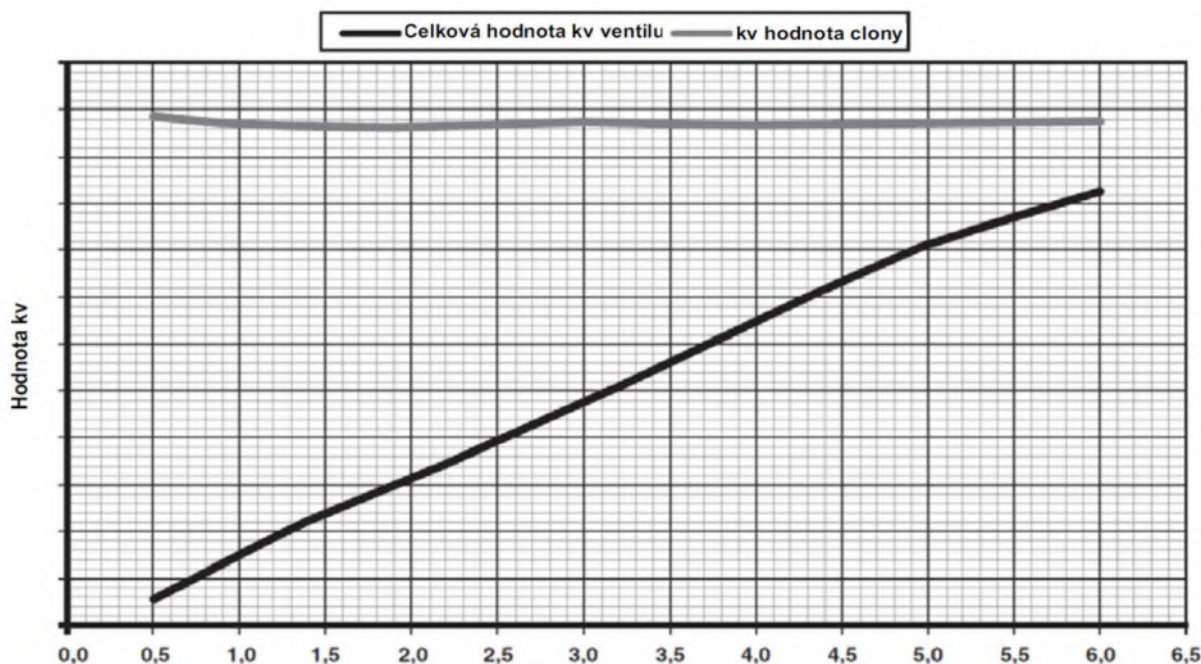
Postup fixace přednastavení




1. Na ručním ovladači odšroubujeme a odstraníme fixační šroub, ruční ovladač i nadále zůstává na tělese ventilu.
2. Do otvoru na fixačním šroubem vsuneme plochý šroubovák (široký max. 3 mm).
3. Otáčením proti směru hodinových ručiček šroubovákem až nadoraz.
4. Fixační šroub umístíme zpátky na ruční ovladač.



Po tomto úkonu je možno ventil zcela uzavřít a otevřít mas. do polohy (3,2), kterou jsem na ventilu nastavili a zafixovali. Doporučujeme po nastavení ventilu toto nastavení označit i na registru přednastavení (červený plastový přívěsek, objednáva se zvlášť). Vylomením plastového zoubku u velkého čísla označíme celý stupeň, vylomením plastového zoubku u malého čísla označíme desetinný stupeň přednastavení. Registr přednastavení umístíme na ventil. Takto usnadníme servisním pracovníkům při servisu nebo kontrolních měřeních na ventilu.

-  **Vyvažovací ventil s měřicí clonou 4017 M**
Speciální vlastnosti integrované měřicí clony



-  **Dimenzování**
Při dimenzování ventilu je třeba zohlednit fakt, že přednastavení horní regulační části nesmí být nižší než 1/4 celkového zdvihu.
-  **Měřicí ventilkky**
Ventil je vybaven dvěma měřicími ventilkky integrovanými do měřicí clony. Při použití vhodného měřicího přístroje můžeme změřit tlakovou diferenci a z ní vypočítat v závislosti na stupni nastavení hmotnostní průtok.
-  **Náhradní díly**

1 0284 01	Ventil pro rychlé měření 1/4» pro vyvažovací ventily, modrá krytka
1 0284 02	Ventil pro rychlé měření 1/4» pro vyvažovací ventily, červená krytka
1 0284 11	Ventil pro rychlé měření 1/4» pro vyvažovací ventily, dlouhé provedení, modrá krytka
1 0284 12	Ventil pro rychlé měření 1/4» pro vyvažovací ventily, dlouhé provedení, červená krytka
1 0284 21	Ventil pro rychlé měření 1/4» s vypouštěním pro vyvažovací ventily, modrá krytka
1 0284 22	Ventil pro rychlé měření 1/4» s vypouštěním pro vyvažovací ventily, červená krytka


-  **Montáž**
Při montáži ventilu do potrubí je třeba respektovat směr proudění média ventilem vyznačený šipkou na tělese ventilu. Při montáži není potřeba žádné speciální nářadí. Montážní poloha ventilu je libovolná. Vnější závit na trubce utěsníme vhodným těsnicím prostředkem (teflonová páska, těsnicí pasta). Těsnicího prostředku by nemělo být nadměrné množství, aby nedošlo k poškození závitů. Vyvažovací ventil našroubujeme závitěm na trubku. Trubka musí být správně nasměrovaná, aby nedocházelo k zatížení ventilu ohybovým momentem. Při použití měděných nebo plastových trubek je třeba zohlednit tlaková a teplotní maxima použitých materiálů. K montáži se musí použít vhodný montážní klíč, odpovídající Sw ventilu příslušné dimenze. Po montáži je třeba provést tlakovou zkoušku celého systému. Montáž může provádět pouze osoba, která je odborně způsobilá k montáži vnitřní instalace, přičemž je třeba dodržovat příslušné normy a právní předpisy. Do systému doporučujeme osadit filtr, který zachytává nečistoty v médiu, a tím ventily chrání před zachycováním nečistot v jejich těle.

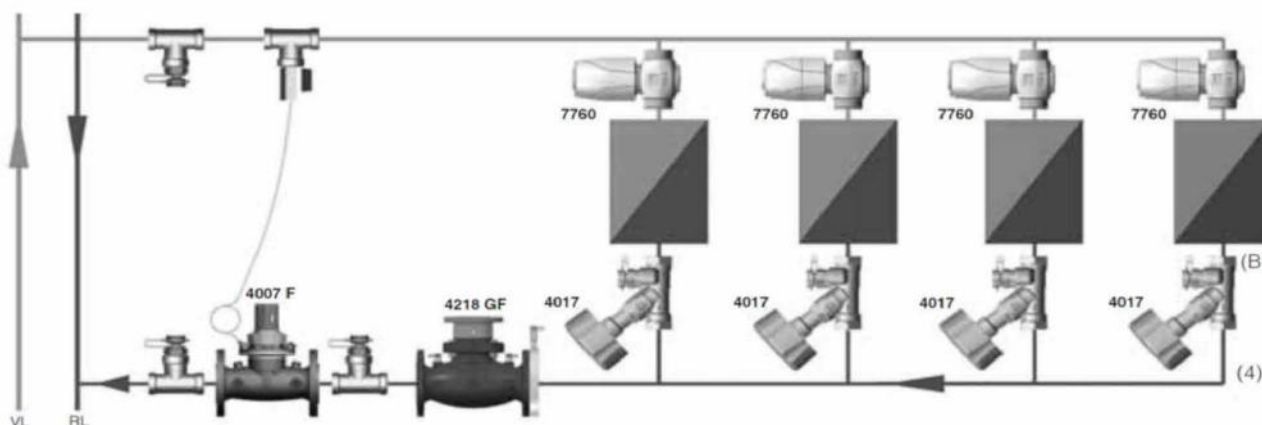

Schéma k hydraulickému vyvážení

Před uvedením do provozu je třeba dodržet následující body:

1. Objemový průtok všech přípojení v hlavním okruhu se měří úplným otevřením vyvažovacích ventilů do činnosti a ponecháním dvojcestných ventilů otevřených.
2. Hodnotu průtoku je třeba vypočítat pro každé přípojení vzorce:

$$\lambda = \frac{\text{měřený objemový průtok}}{\text{plánovaný objemový průtok}}$$

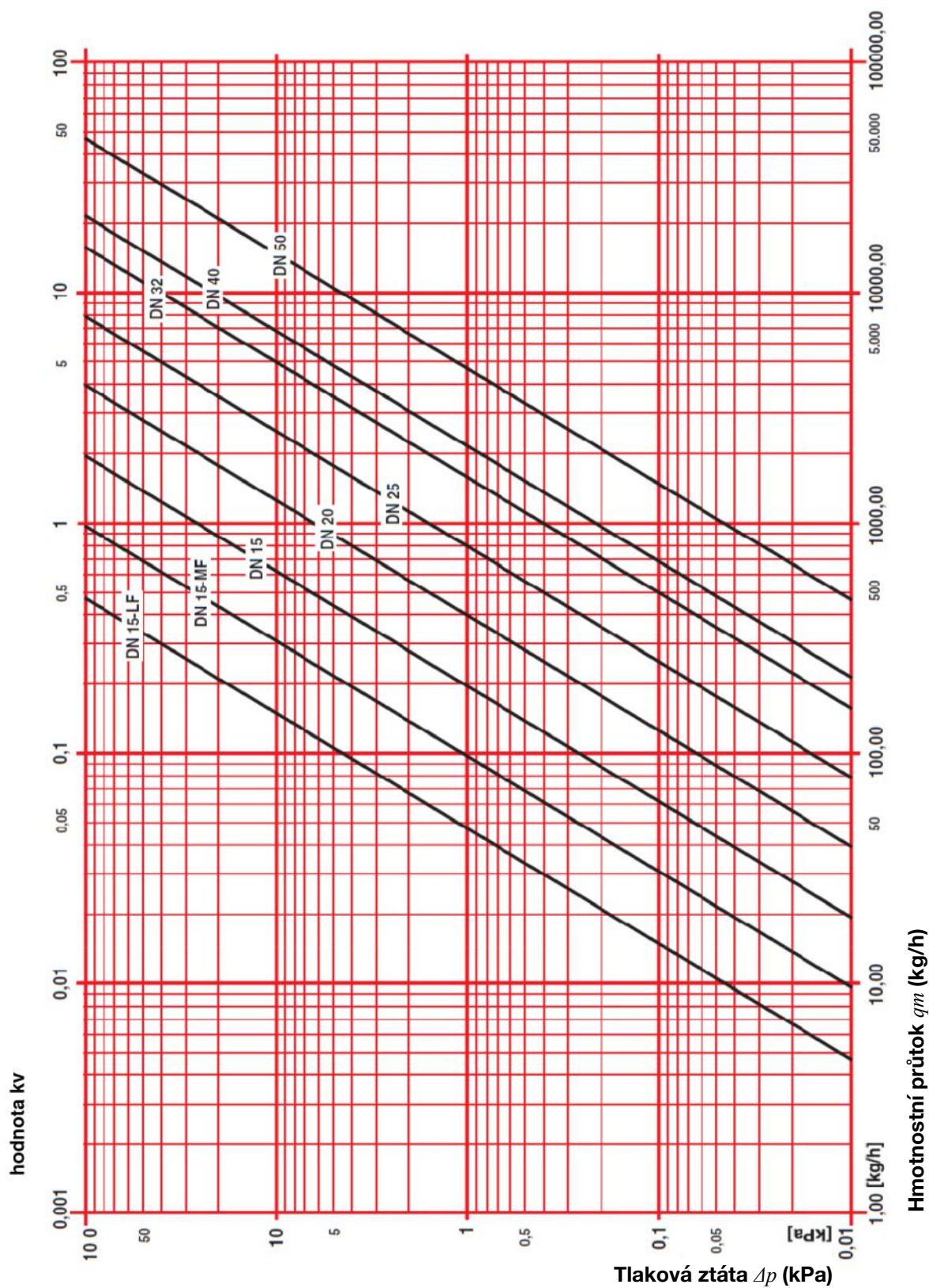
3. Po identifikaci ventilu s nejmenším poměrem (A min) se tento ventil použije jako ventil indexační. Pokud mají všechny přípojky stejný pokles tlaku, bude mít poslední přípojení obvykle nejmenší A, protože má nejnižší diferenční tlak. Pokud však mají přípojky různé tlakové ztráty, je možné každý ventil použít jako ventil indexační.
4. Vyvažovací ventil (B) se posledním přípojení v tomto diagramu používá jako indexační.
5. Vyvažovací ventil okruhu je nastavený a zajištěný tak, aby se A4 rovnalo A min. V měřicím počítači je na měření průtoků nastavený konstantní průtok.
6. Vyvažovací ventil je nastavený tak, aby se A3 rovnalo A4 + (5 až 10 %). Procentuální zvýšení nám pomůže zajistit, aby systém nebyl regulovaný nadměrně. Tímto krokem se také změní A4.
7. Pokud se nastavením vyvažovacího ventilu (3B) změní průtok v indexovém ventilu (4B) o více než 5%, musí se tento indexační ventil nastavit tak, aby byl přibližně stejný jako vyvažovací ventil v potrubí (3B).
8. Body 6 a 7 s musí opakovat, dokud se nenastaví veškeré spoje.
9. Pozor: Při nastavení 1B, to má přímý vliv na 4, 2 a 3 zůstávají beze změny. To znamená, že ventily B2, B3 a B4 jsou nastaveny společně. To je také důvod, proč se indexační ventil používá jako ventil referenční.



Veškeré údaje uvedené v tomto dokumentu odpovídají informacím předloženým v době tisku a nemusejí být úplné. Změny ve smyslu technického vývoje jsou vyhrazeny. Vyobrazení jsou jen symbolická, a proto se od skutečných výrobků mohou odlišovat. Možné barevné odchylky jsou způsobeny tiskem. Výrobky se mohou v různých zemích lišit. Změny technických specifikací a funkce jsou vyhrazeny. S případnými dotazy se prosím obraťte nejbližší pobočku společnosti HERZ.

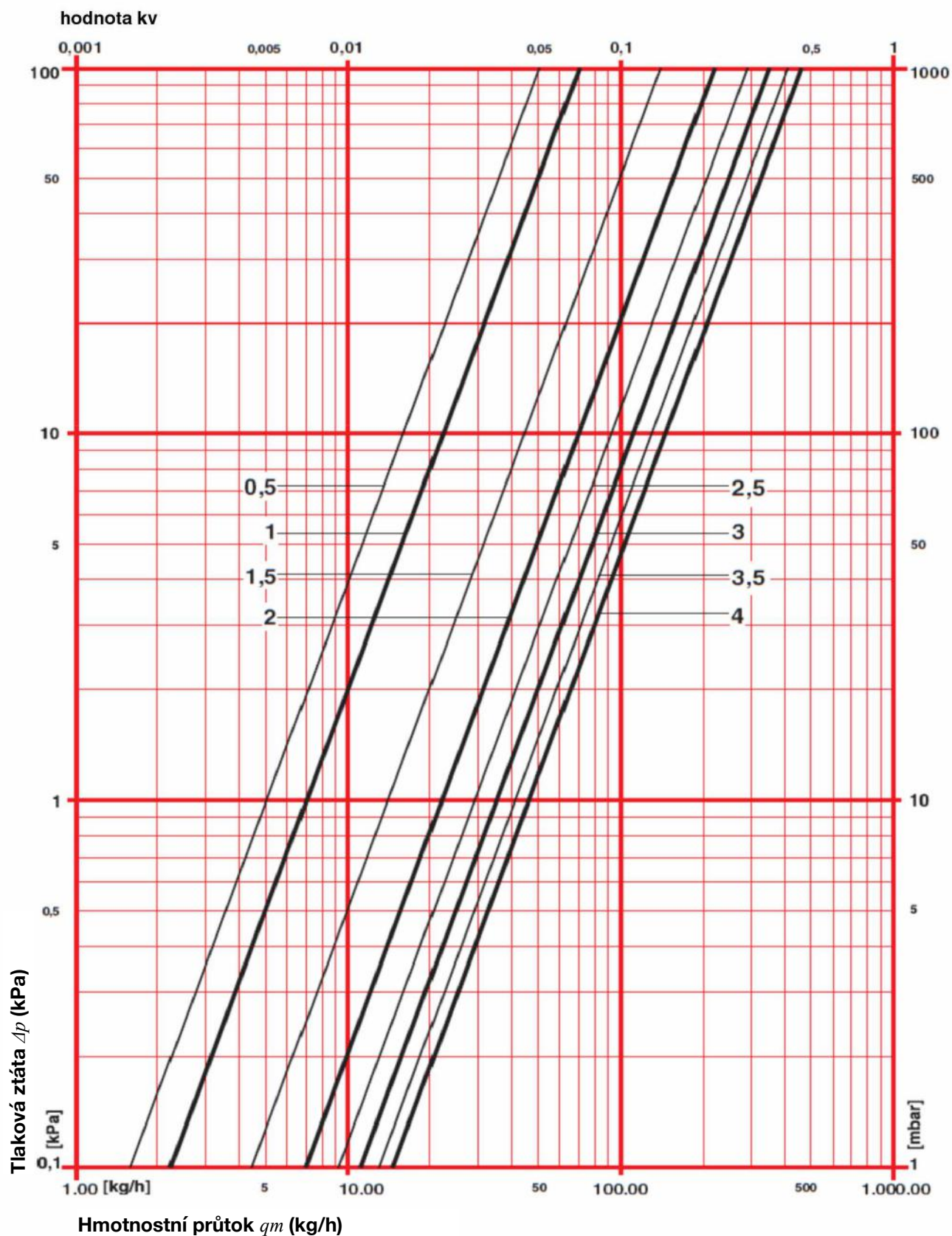
Nomogramy

Nomogram pro měřicí clonu v Strömax 4017 M 1 4017 0x, 11, 21



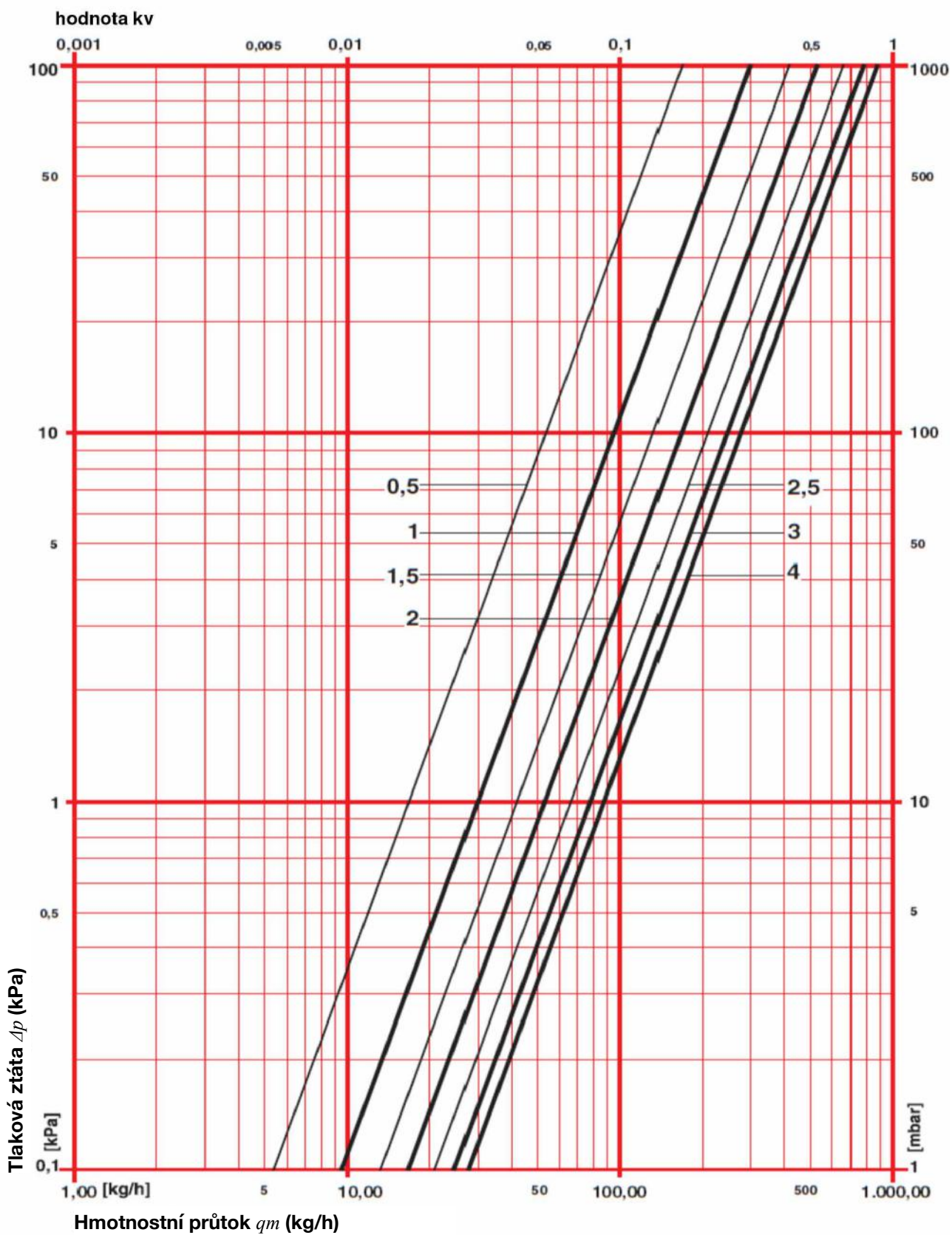
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M - DN 15 LF - 1 4017 11



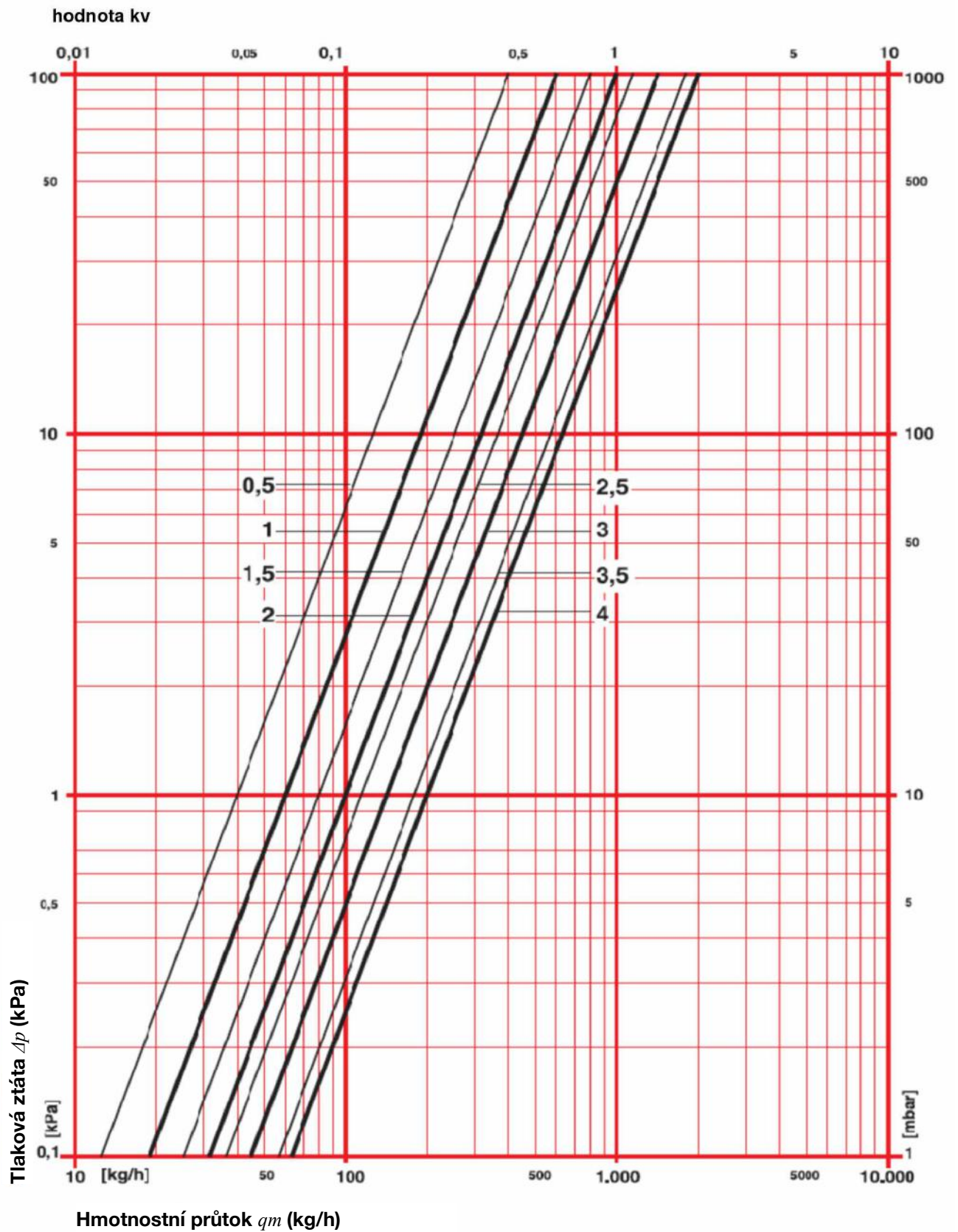
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M - DN 15 MF - 1 4017 21



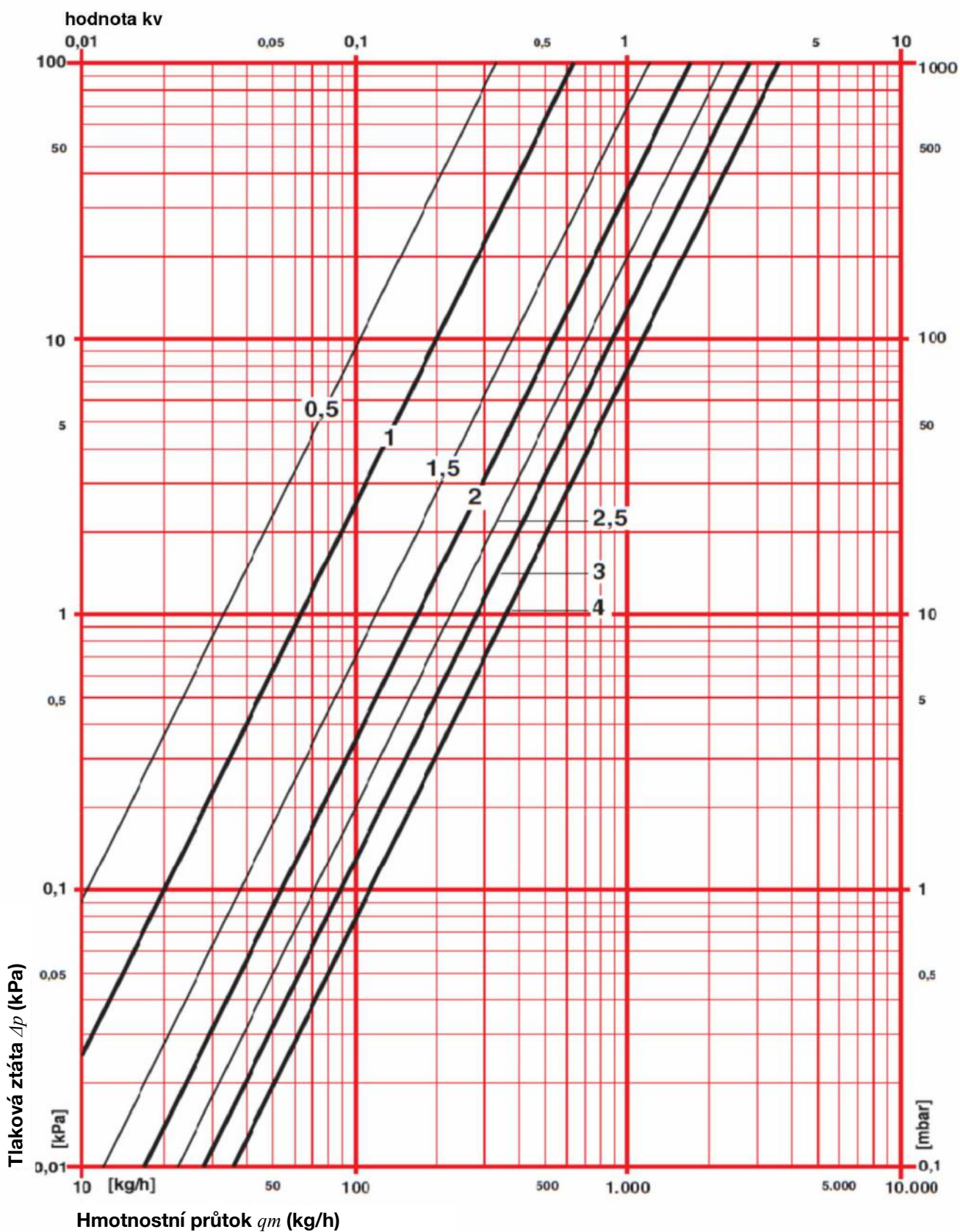
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 15 - 1 4017 01/61



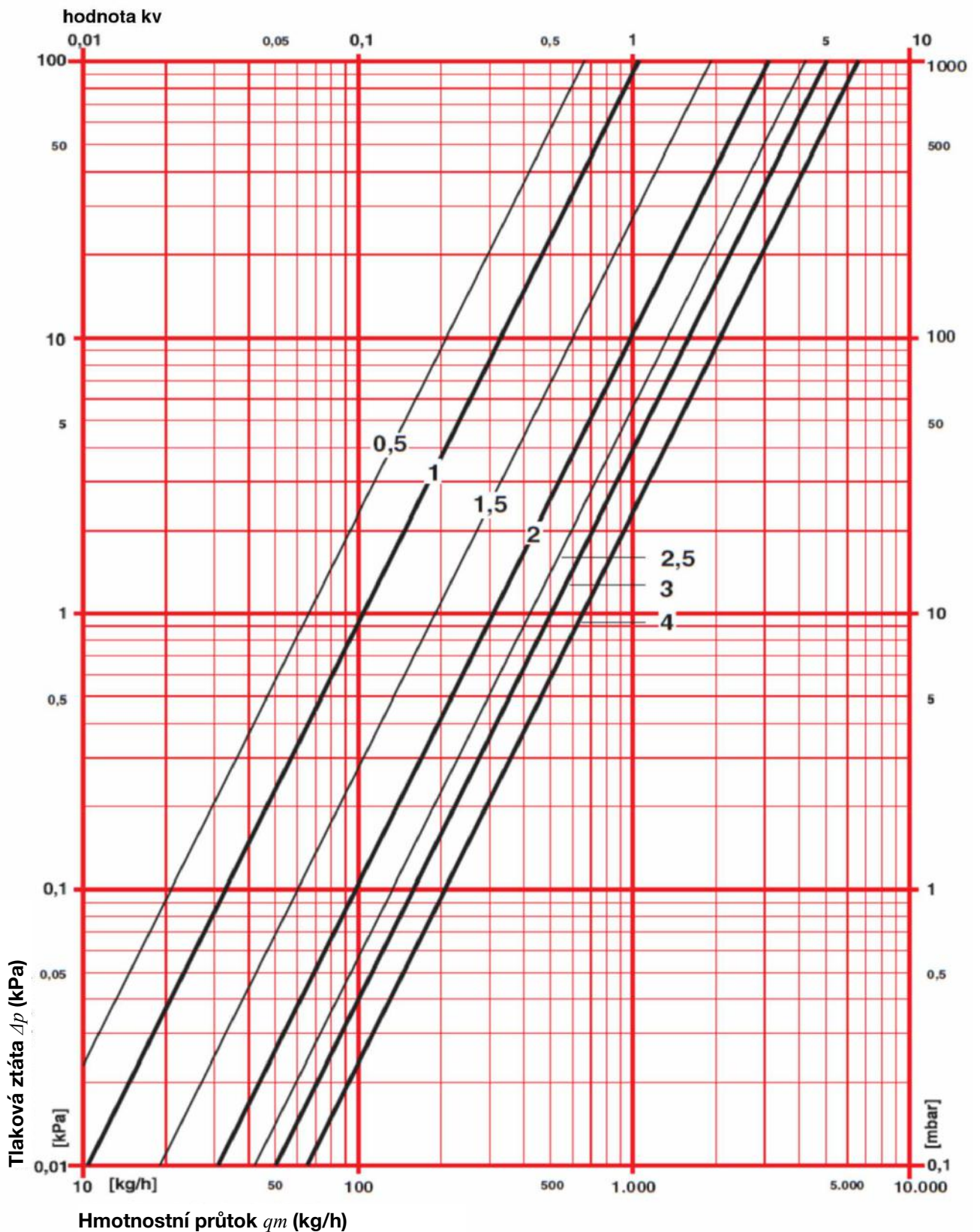
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 20 - 1 4017 02/62



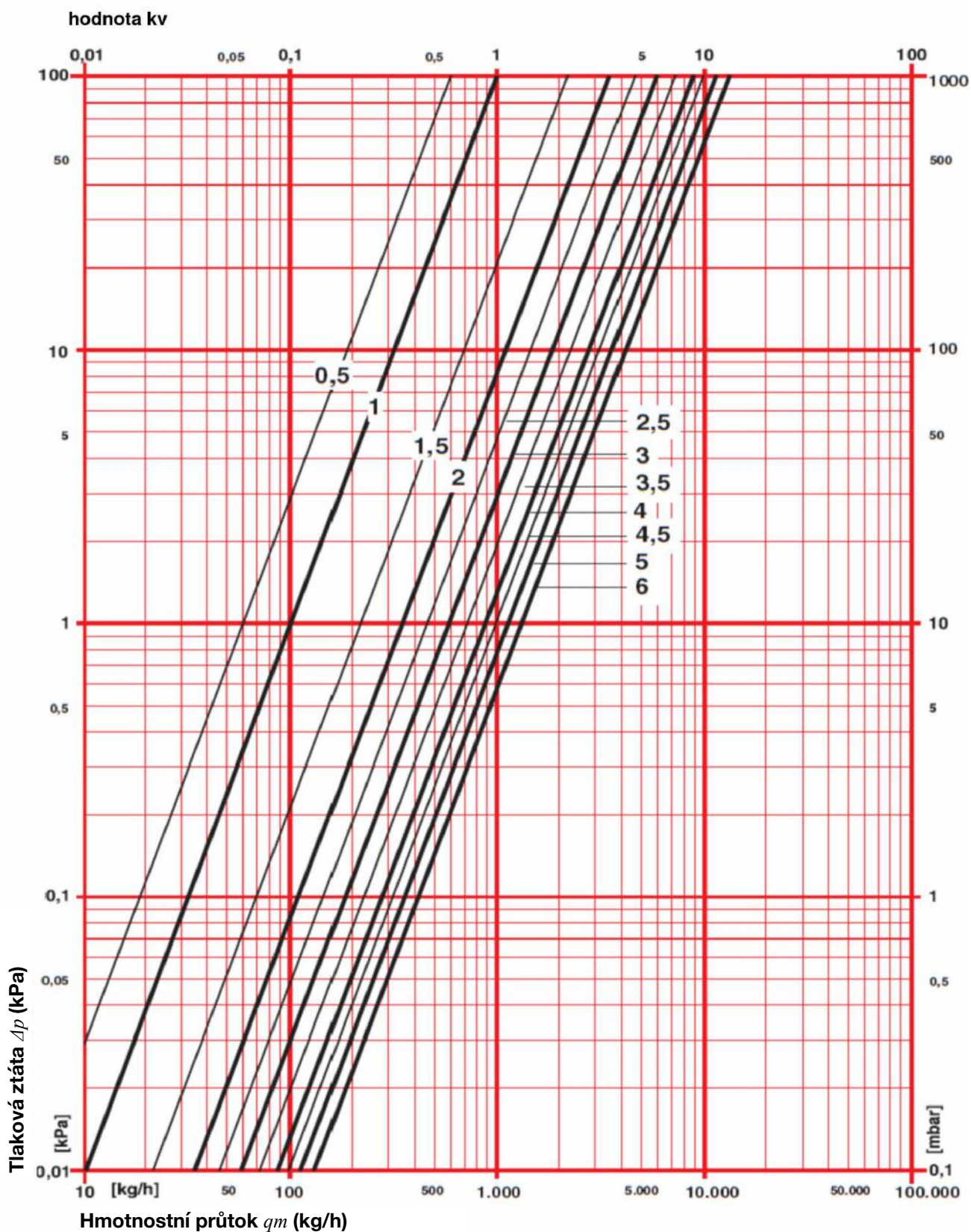
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 25 - 1 4017 03/63



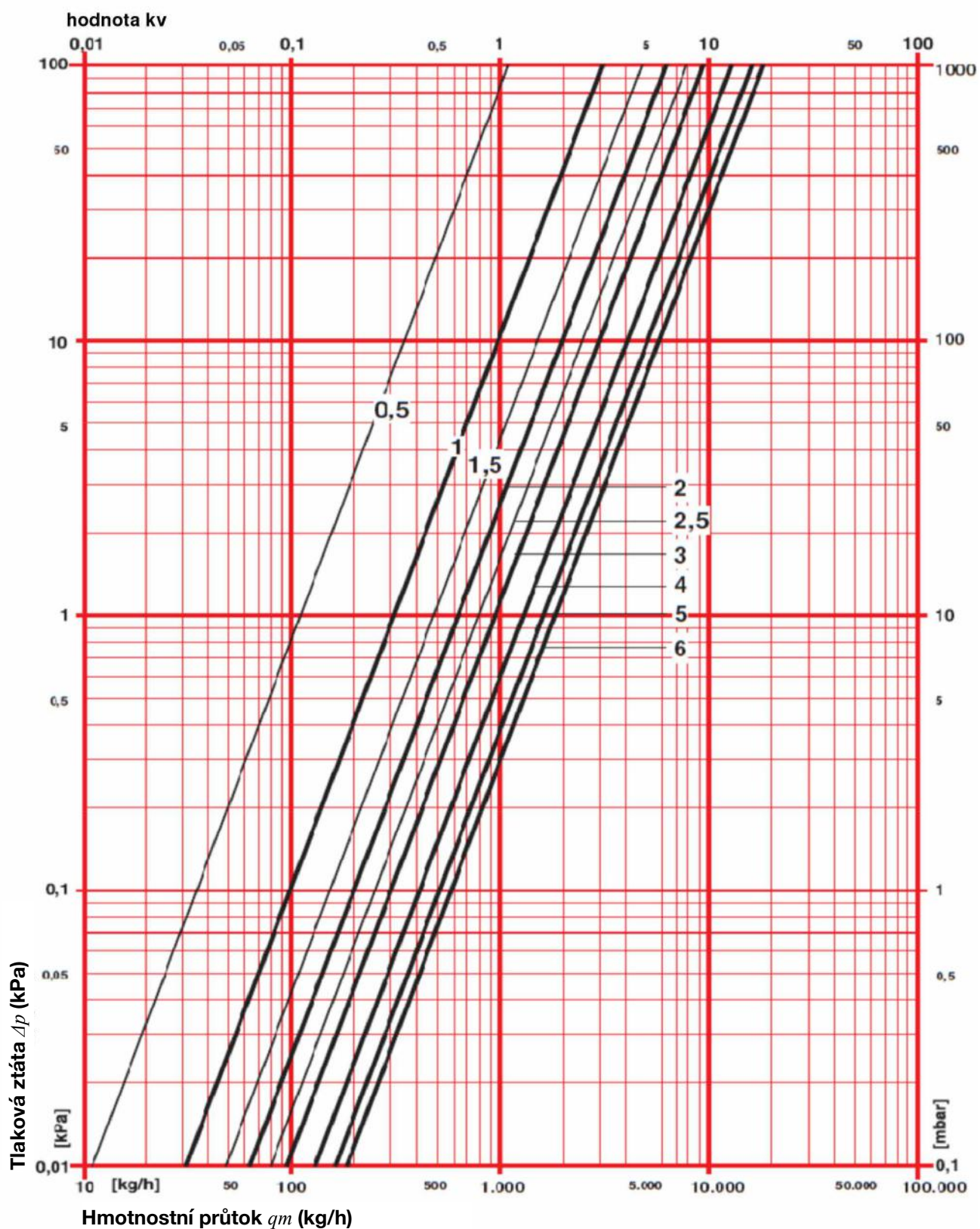
Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 32 - 1 4017 04/64



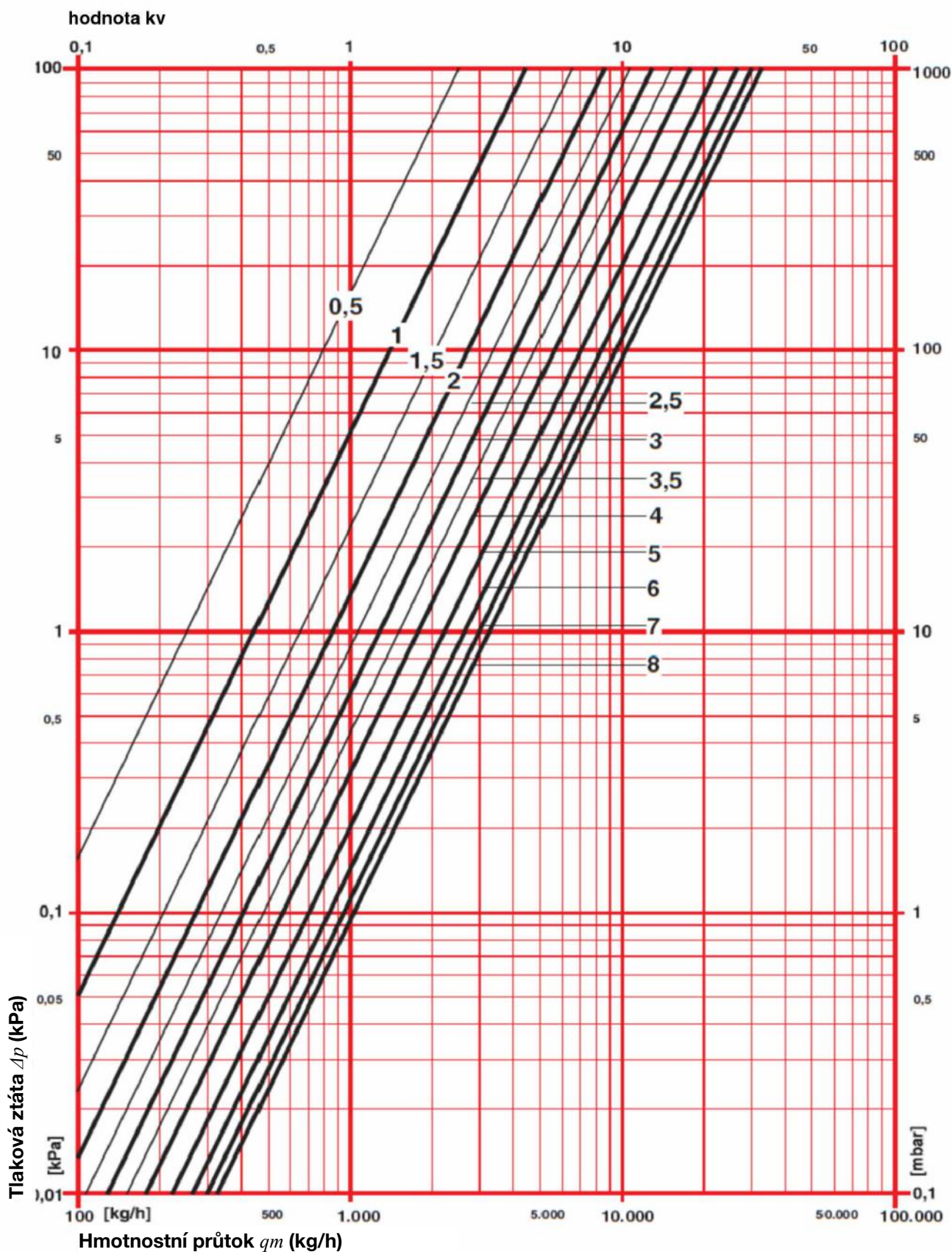
Nomogramy


Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 40 - 1 4017 05/65



Nomogramy

Nomogram pro Strömax 4017 M/R - DN 50 - 1 4017 06/66



 Tabulka hodnot kv pro Strömax 4017 M/R - DN 50 - 1 4017 0x/11/21/6x

DN	15-LF	15-MF	15	20	25	32	40	50
k _v - Wert der	0,48	0,97	1,95	3,95	7,9	15,75	21,5	46,7
k _{vs}	0,46	0,88	2	3,6	6,5	13,3	18,5	33
Position	kv	kv	kv	kv	kv	kv	kv	kv
0,5	0,05	0,17	0,4	0,33	0,66	0,6	1,1	2,55
0,6	0,053	0,19	0,43	0,38	0,7	0,66	1,45	2,85
0,7	0,056	0,21	0,46	0,43	0,74	0,72	1,8	3,15
0,8	0,062	0,25	0,52	0,53	0,82	0,84	2,5	3,75
0,9	0,065	0,27	0,56	0,58	0,86	0,9	2,85	4,05
1	0,07	0,3	0,6	0,63	1,04	1	3,1	4,5
1,1	0,08	0,32	0,635	0,73	1,2	1,2	3,37	4,8
1,2	0,09	0,34	0,67	0,83	1,36	1,4	3,64	5,1
1,3	0,11	0,38	0,74	1,03	1,68	1,8	4,18	5,7
1,4	0,12	0,4	0,775	1,13	1,84	2	4,45	6
1,5	0,14	0,42	0,81	1,2	1,9	2,2	4,8	6,6
1,6	0,155	0,435	0,845	1,28	2,1	2,4	5,04	6,95
1,7	0,17	0,45	0,88	1,36	2,3	2,6	5,28	7,3
1,8	0,2	0,48	0,95	1,52	2,7	3	5,76	8
1,9	0,215	0,495	0,97	1,6	2,9	3,2	6	8,35
2	0,22	0,53	1	1,7	3,1	3,5	6,3	8,7
2,1	0,23	0,55	1,035	1,8	3,25	3,7	6,58	9,05
2,2	0,24	0,57	1,07	1,9	3,4	3,9	6,86	9,4
2,3	0,26	0,61	1,14	2,1	3,7	4,3	7,42	10,1
2,4	0,27	0,63	1,175	2,2	3,85	4,5	7,7	10,45
2,5	0,29	0,66	1,2	2,25	4,2	4,65	7,9	10,8
2,6	0,297	0,68	1,22	2,35	4,32	4,85	8,18	11,1
2,7	0,304	0,7	1,24	2,45	4,44	5,05	8,46	11,4
2,8	0,318	0,74	1,28	2,65	4,68	5,45	9,02	12
2,9	0,325	0,76	1,3	2,75	4,8	5,65	9,3	12,3
3	0,35	0,78	1,42	2,8	5	5,9	9,5	13
3,1	0,358	0,79	1,49	2,86	5,07	6,13	9,78	13,4
3,2	0,366	0,8	1,56	2,92	5,14	6,36	10,06	13,8
3,3	0,382	0,82	1,7	3,04	5,28	6,82	10,62	14,6
3,4	0,39	0,83	1,77	3,1	5,35	7,05	10,9	15
3,5	0,41	0,86	1,8	3,25	5,8	7,25	11,2	15,3
3,6	0,415	0,863	1,825	3,32	5,93	7,5	11,5	15,7
3,7	0,42	0,866	1,85	3,39	6,06	7,75	11,8	15,9
3,8	0,43	0,872	1,9	3,53	6,32	8,25	12,4	16,5
3,9	0,435	0,875	1,925	3,6	6,45	8,5	12,7	16,8
4	0,46	0,88	2	3,6	6,5	8,85	13	18
4,1						8,96	13,3	18,35

Tabulka hodnot kv pro Strömax 4017 M/R - DN 50 - 1 4017 0x/11/21/6x

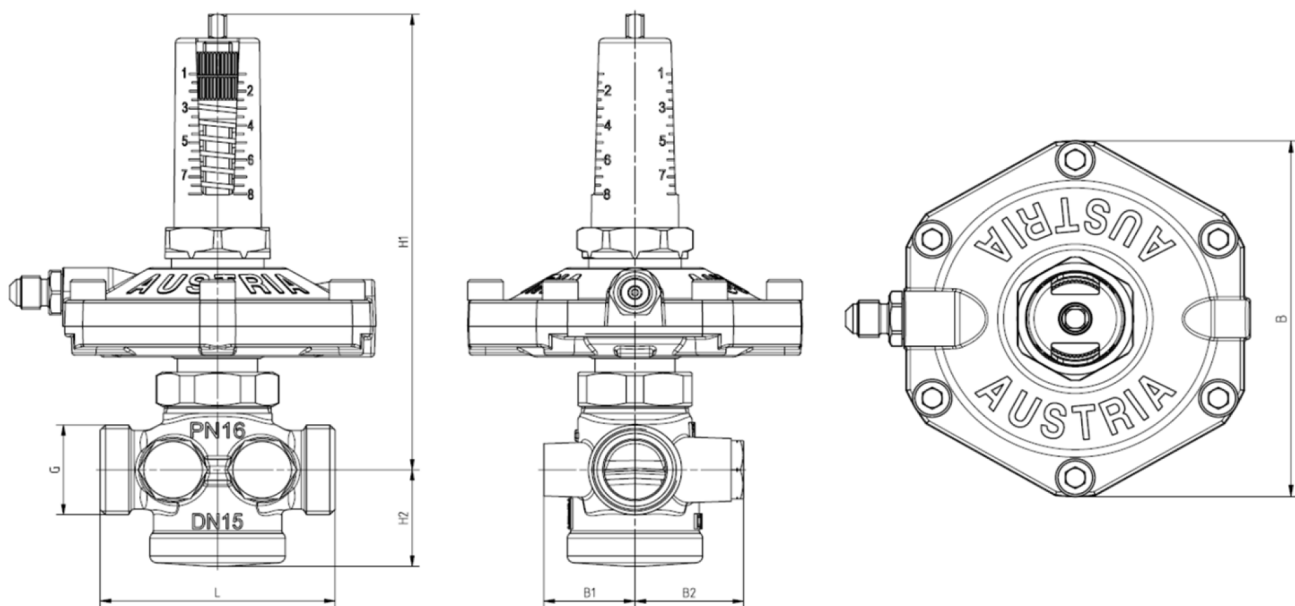
DN	15-LF	15-MF	15	20	25	32	40	50
4,2						9,07	13,6	18,7
4,3						9,29	14,2	19,4
4,4						9,4	14,5	19,75
4,5						9,9	14,7	20,2
4,6						10,15	14,95	20,55
4,7						10,4	15,2	20,9
4,8						10,9	15,7	21,6
4,9						11,15	15,95	21,95
5						11,4	16,25	22,5
5,1						11,6	16,4	22,9
5,2						11,8	16,55	23,3
5,3						12,2	16,85	24,1
5,4						12,4	17	24,5
5,5						12,5	17,4	25
5,6						12,63	17,6	25,3
5,7						12,76	17,8	25,6
5,8						13,02	18,2	26,2
5,9						13,15	18,4	26,5
6						13,3	18,5	26,7
6,1								26,98
6,2								27,26
6,3								27,82
6,4								28,1
6,5								28,6
6,6								28,93
6,7								29,26
6,8								29,92
6,9								30,25
7								30,3
7,1								30,55
7,2								30,8
7,3								31,3
7,4								31,55
7,5								31,9
7,6								32,1
7,7								32,3
7,8								32,7
7,9								32,9
8								33

HERZ - Regulátor tlakové difference

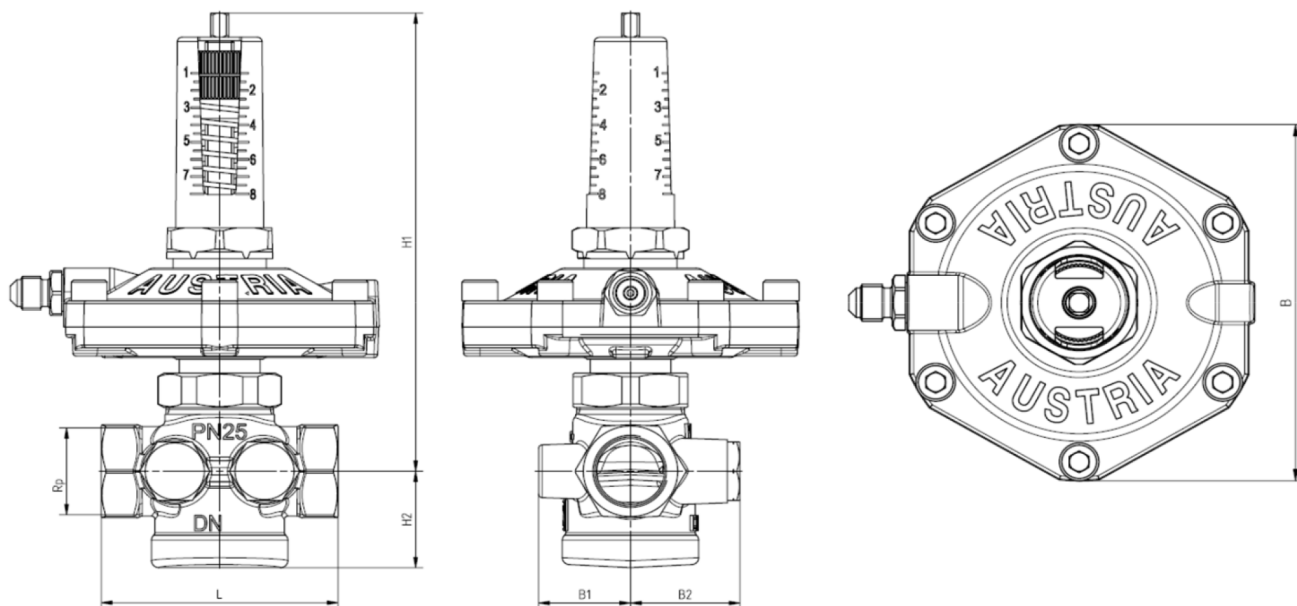
závitový, s rozsahem regulace 5-30 / 25-60 / 45-80 kPa

Technický list k 4002 xx a 4202 xx, vydání 10 2019

- Montážní rozměry v mm**
 1 4002 xx - provedení s vnějším závitem
 DN15 - DN20 s kuželovým těsněním / DN25 - DN50 s plochým těsněním



- 1 4202 xx - s vnitřním závitem**



dP	DN	Obj. číslo	Závit	L	H1	H2	B	B1	B2
5-30 kPa	DN15	1 4002 41	3/4 G	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4002 42	1 G	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4002 43	5/4 ploché těsnění	76	134	29	94	28	33
	DN32	1 4002 44	1 1/2 ploché těsnění	114	150	47	94	32	32
	DN40	1 4002 45	1 3/4 ploché těsnění	132	160	58	94	41	41
	DN50	1 4002 46	2 3/8 ploché těsnění	140	160	58	94	41	41
25-60 kPa	DN15	1 4002 61	3/4 G	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4002 62	1 G	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4002 63	5/4 ploché těsnění	76	134	29	94	28	33
	DN32	1 4002 64	1 1/2 ploché těsnění	114	150	47	94	32	32
	DN40	1 4002 65	1 3/4 ploché těsnění	132	160	58	94	41	41
	DN50	1 4002 66	2 3/8 ploché těsnění	140	160	58	94	41	41
45-80 kPa	DN15	1 4002 71	3/4 G	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4002 72	1 G	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4002 73	5/4 ploché těsnění	76	134	29	94	28	33
	DN32	1 4002 74	1 1/2 ploché těsnění	114	150	47	94	32	32
	DN40	1 4002 75	1 3/4 ploché těsnění	132	160	58	94	41	41
	DN50	1 4002 76	2 3/8 ploché těsnění	140	160	58	94	41	41
5-30 kPa	DN15	1 4202 41	1/2"	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4202 42	3/4"	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4202 43	1"	90	134	29	94	28	33
	DN32	1 4202 44	5/4"	114	150	46	94	32	32
	DN40	1 4202 45	1 1/2"	132	160	57	94	41	41
	DN50	1 4202 46	2"	140	160	57	94	41	41
25-60 kPa	DN15	1 4202 61	1/2"	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4202 62	3/4"	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4202 63	1"	90	134	29	94	28	33
	DN32	1 4202 64	5/4"	114	150	46	94	32	32
	DN40	1 4202 65	1 1/2"	132	160	57	94	41	41
	DN50	1 4202 66	2"	140	160	57	94	41	41

**Technické údaje**

Max. provozní tlak:	16 barů provedení 4002 / 25 barů provedení 4202
Max. diferenční tlak na tělese ventilu:	4 bary
Min. provozní teplota:	-20°C (nemrznoucí směs) / +2°C (voda)
Max. provozní teplota:	+130°C pro DN15 - DN32 / +110°C pro DN40 DN 50
Rozsah regulace:	1 4002 4x - 5-30 kPa 1 4002 6x - 25-60 kPa 1 4002 7x - 45-80 kPa

Provozní médium:

Kvalita plynického média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035. Při použití nemrznoucí směsi etylénu nebo propylenglykolu je přípustný poměr smísení s upravenou vodou 25 - 50 % nemrznoucí směsi v celkovém obsahu média, přičemž je třeba se při zpracování řídit pokyny výrobce nemrznoucí směsi. Těsnění EPDM se mohou při kontaktu s mazivy na bázi minerálních látek poškodit a ztratit tak těsnicí schopnost.

**Materiál a konstrukce**

Těleso:	mosaz odolná proti vyplavování zinku CC752C
Membrána:	EPDM
O-kroužek:	EPDM
Objímka s ukazatelem nastavení:	plast, červená

Hodnoty součinitele průtoku k_{vs} (m³/h)

DN regulátoru tlakové difference	15	20	25	32	40	50
k_{vs} (m ³ /h)	2,66	4,36	5,38	9,48	14,95	14,95

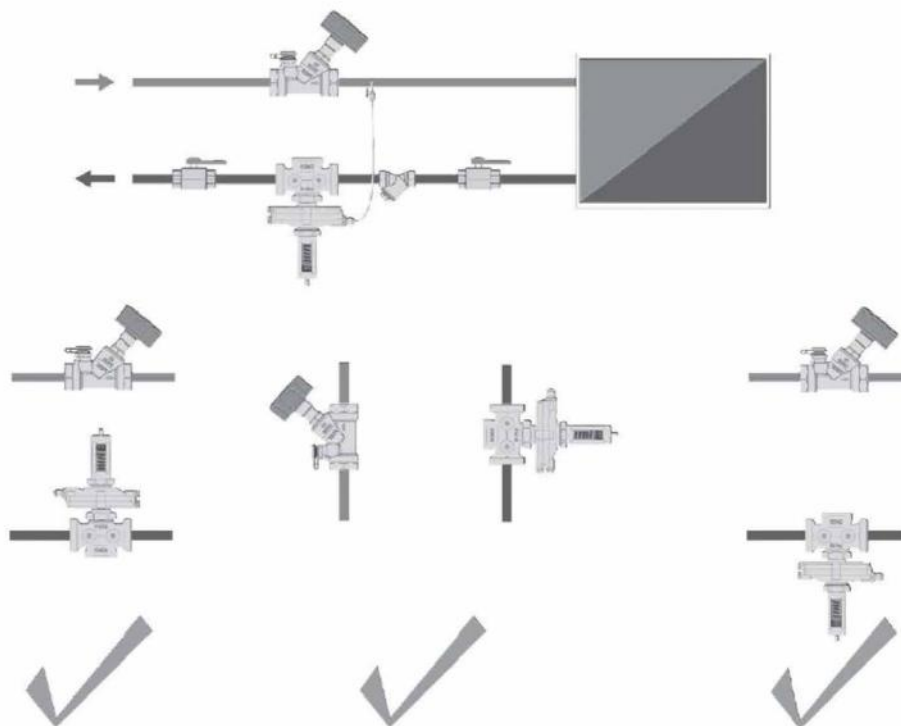
Oblast využití

Regulátory tlakové difference se používají ke stabilizaci diferenčního tlaku v topných a chladicích soustavách. Chrání jednotlivé topné nebo chladicí okruhy, které jsou umístěné za nimi, před výkyvy dynamických tlaků ve zbývající části soustavy. Regulátory tlakové difference jsou regulátory s lineární charakteristikou s přímým sedlem a pracují bez pomocné energie. Požadovaná hodnota tlakové difference se dá plynule nastavit v rozsahu 5 až 30 kPa nebo 25 až 60 kPa, resp. 45 až 80 kPa. Nastavovací hodnotu určujeme podle nomogramů. Z výroby jsou regulátory nastavené na minimum. K nastavení se používá nastavovací nástroj (1 4006 02). Součástí dodávky regulátoru je impulzní vedení, které je třeba propojit s přívodním potrubím a ventil pro rychlé měření 1 0284 03 s přípojkou k impulznímu vedení.

Návod na montáž a uvedení do provozu

Regulátor tlakové difference je určený k zabudování výhradně do vratného potrubí topení nebo chlazení. Při montáži je třeba respektovat směr proudění média regulátorem, který je vyznačený šipkou na tělese ventilu. Montážní poloha je libovolná. Před a za regulátor doporučujeme osadit uzavírací ventily. Před naplněním systému je musíme přesvědčit, že je otevřený nejdříve ventil na přívodním potrubí a poté ventil na vratném potrubí. Tlak na vrchní část membrány (přes impulzní vedení) by měl být vždy vyšší než tlak na spodní část membrány (tlak média z vratného potrubí). Potom musíme rozvody propláchnout a ujistit se, že systém je odvzdušněný. Teprve poté uvedeme systém do provozu.

Vzhledem k možnému nebezpečí zanesení nečistotami doporučujeme před regulátor ve směru toku média osadit filtr HERZ (4111) a min. jednou ročně zkontrolovat, zda není znečištěný. Před napuštěním systému je třeba jeho důkladným propláchnutím odstranit případné nečistoty, které se do systému dostaly během montáže.

Povolené montážní polohy regulátoru tlakové difference

Měřicí ventilk

Dva měřicí ventilk jsou namontované vedle ručního ovladače v tomtéž směru a z výroby jsou utěsněné. Toto uspořádání zajišťuje dobrý přístup a optimální připojení měřicích prvků v jakékoliv montážní poloze.

 Návrh regulátoru tlakové difference

V první řadě je třeba stanovit hmotnostní průtok regulátorem tlakové difference, který se rovná nominálnímu průtoku v daném úseku.

Hodnotu požadované tlakové difference (Δp_{okruhu}) určíme tak, že spočítáme tlakové ztráty všech prvků v úseku:

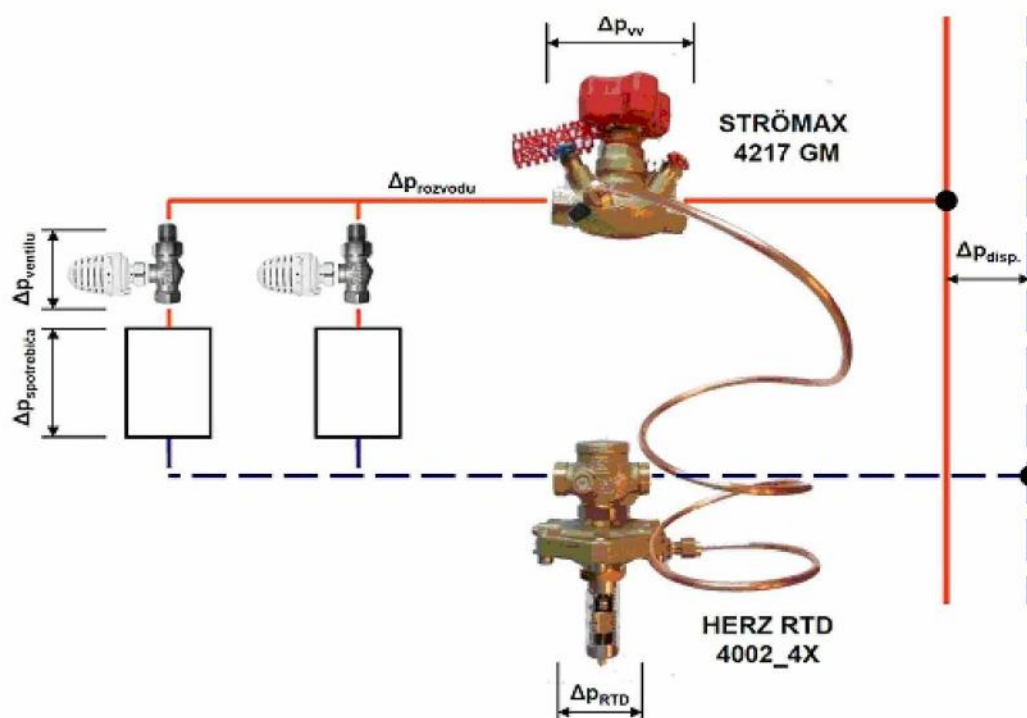
$$\Delta p_{okruhu} = \Delta p_{rozvodu} + \Delta p_{ventilu} + \Delta p_{spotřebiče} + \Delta p_{RTD} = 15 + 9 + 4 + 12 = 40 \text{ kPa.}$$

kde:

$\Delta p_{rozvodu}$	celková tlaková ztráta rozvodného systému
$\Delta p_{ventilu}$	tlaková ztráta nejnepříznivějšího (z hlediska tlakových ztrát) ventilu
$\Delta p_{spotřebiče}$	tlaková ztráta nejnepříznivějšího (z hlediska tlakových ztrát) ventilu
Δp_{RTD}	tlaková ztráta regulátoru tlakové difference - určíme na základě nominálního průtoku v daném úseku a hodnoty kvs regulátoru tlakové difference dané dimenze

Pro optimální funkci regulátoru doporučujeme, aby tlaková ztráta regulátoru byla min. 10 kPa.

Disponibilní tlak na přívodu je snímán až za regulační kuželkou vyvažovacího ventilu HERZ Strömax GM, z tohoto důvodu je jeho tlaková ztráta připočítaná k celkovým tlakovým ztrátám pro stanovení požadované tlakové difference na regulátoru. Pokud bychom disponibilní tlak snímali před regulační kuželkou ventilu, museli bychom jeho tlakovou ztrátu připočítat k celkovému součtu tlakových ztrát úseku za regulátorem tlakové difference.




Přednastavení regulátoru tlakové difference

Z výroby je regulátor tlakové difference nastavený na minimální hodnotu tlakové difference. Přednastavení provedeme otáčením rýhované matky. Hodnotu tlakové difference je možno nastavit v libovolné poloze. Příslušné nastavení regulátoru lze jasně odečíst.

Vypočítané hodnoty pro nastavení regulátoru tlakové difference:

Nominální průtok v daném úseku:

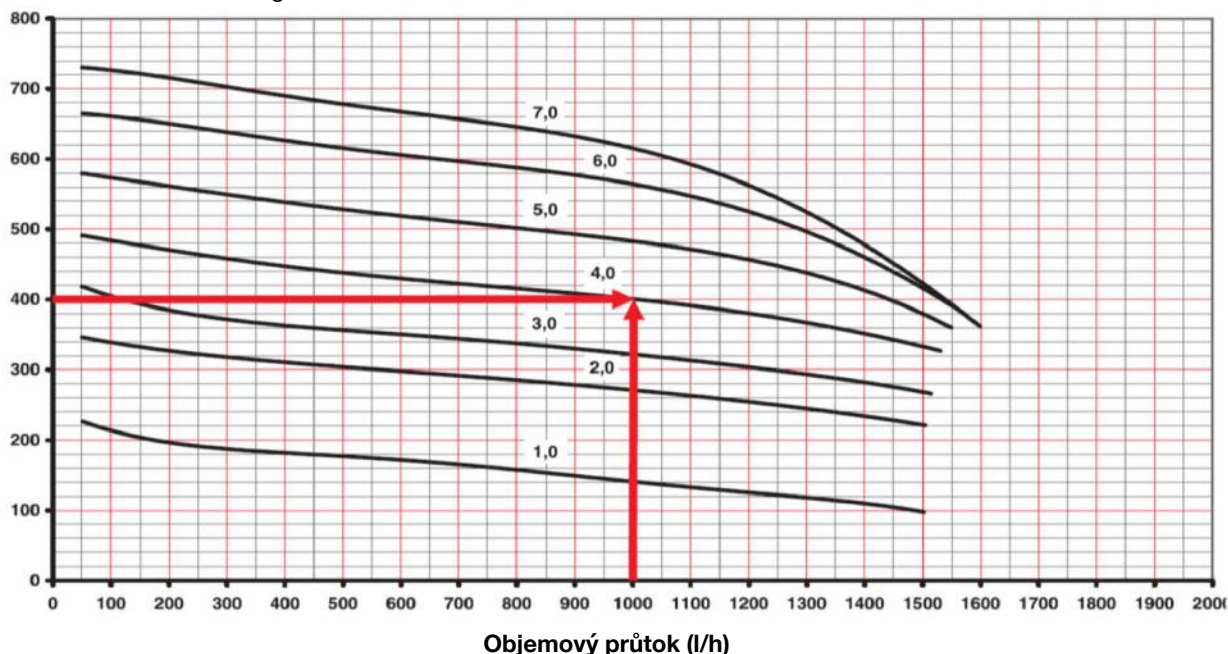
1000 l/h

Požadovaná hodnota tlakové difference:

40 kPa (400 mbar)












Nastavená hodnota na regulátoru tlakové difference bude:

4

 Vypočítaná tlaková difference $\Delta p_{okni/h}$ (mbar)

Příslušenství

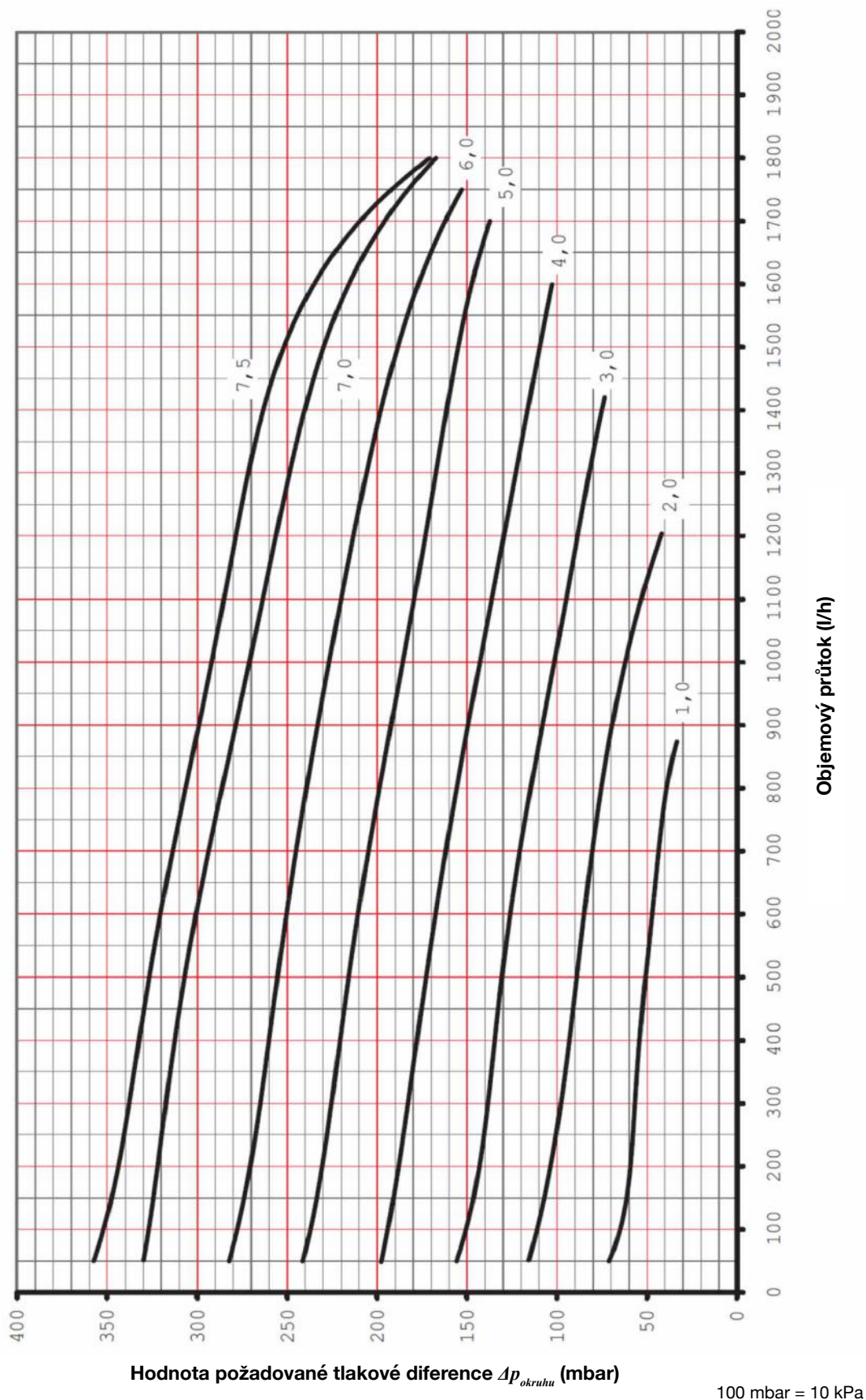
Obj. číslo	Dim.	Popis	Obrázek
1 4096 11	15	Tepelně izolační obklad	
1 4096 12	20	z expandovaného polystyrenu EPP, černé barvy, požární odolnost třídy B2 podle DIN 4102 a E podle DIN EN 13501-1, objemová hmotnost 45 kg/m ³ , integrovaný geometrický uzávěr, vhodný pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202	
1 4096 13	25		
1 4096 14	32		
1 4096 15	40		
1 4096 16	50		
1 4002 80	2,0 m	Impulzní vedení dlouhé 2,0 m včetně přípojovací vložky 1/8 G x 1/4 G.	
1 6502 10	15-50	Plomba přednastavení pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202, černý plast, s otvorem pro umístění plomby, plombovací drát je součástí dodávky.	
1 4006 02	15-50	Nastavovací klíč pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202	

 Náhradní díly

Obj. číslo	Dim.	Popis	Obrázek
1 6386 91	15	Vršek pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202, pracovní rozsah 5-30 kPa	
1 6386 92	20		
1 6386 93	25		
1 6386 94	32		
1 6386 95	40-50		
1 6386 96	15	Vršek pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202, pracovní rozsah 25-60 kPa	
1 6386 97	20		
1 6386 98	25		
1 6386 99	32		
1 6387 00	40-50		
1 4002 97	15-50	Pružina pro 4002/4202, pracovní rozsah 5-30 kPa	
1 4002 98	15-50	Pružina pro 4002/4202, pracovní rozsah 25-60 kPa	
1 4002 99	15-50	Pružina pro 4002/4202, pracovní rozsah 45-80 kPa	
1 4002 10	15-50	Nastavovací klíč pro regulátory tlakové difference HERZ 4002 / 4202	
1 4002 78	1,0 m	Impulzní vedení dlouhé 1,0 m včetně kulového kohoutu 1/8 G	
1 0269 19		Přechodka pro impulzní vedení 1/8 x 1/4	
1 0269 09		Přechodka pro impulzní vedení 1/8 x 1/8	
1 0284 01	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 02	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, červená krytka (přívod)	
1 0284 11	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, dlouhé provedení pro tloušťku izolace 40 mm, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 12	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, dlouhé provedení pro tloušťku izolace 40 mm, červená krytka (přívod)	
1 0284 21	1/4	Měřicí ventilek s vypouštěním, žluté provedení, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 22	1/4	Měřicí ventilek s vypouštěním, žluté provedení, červená krytka (přívod)	

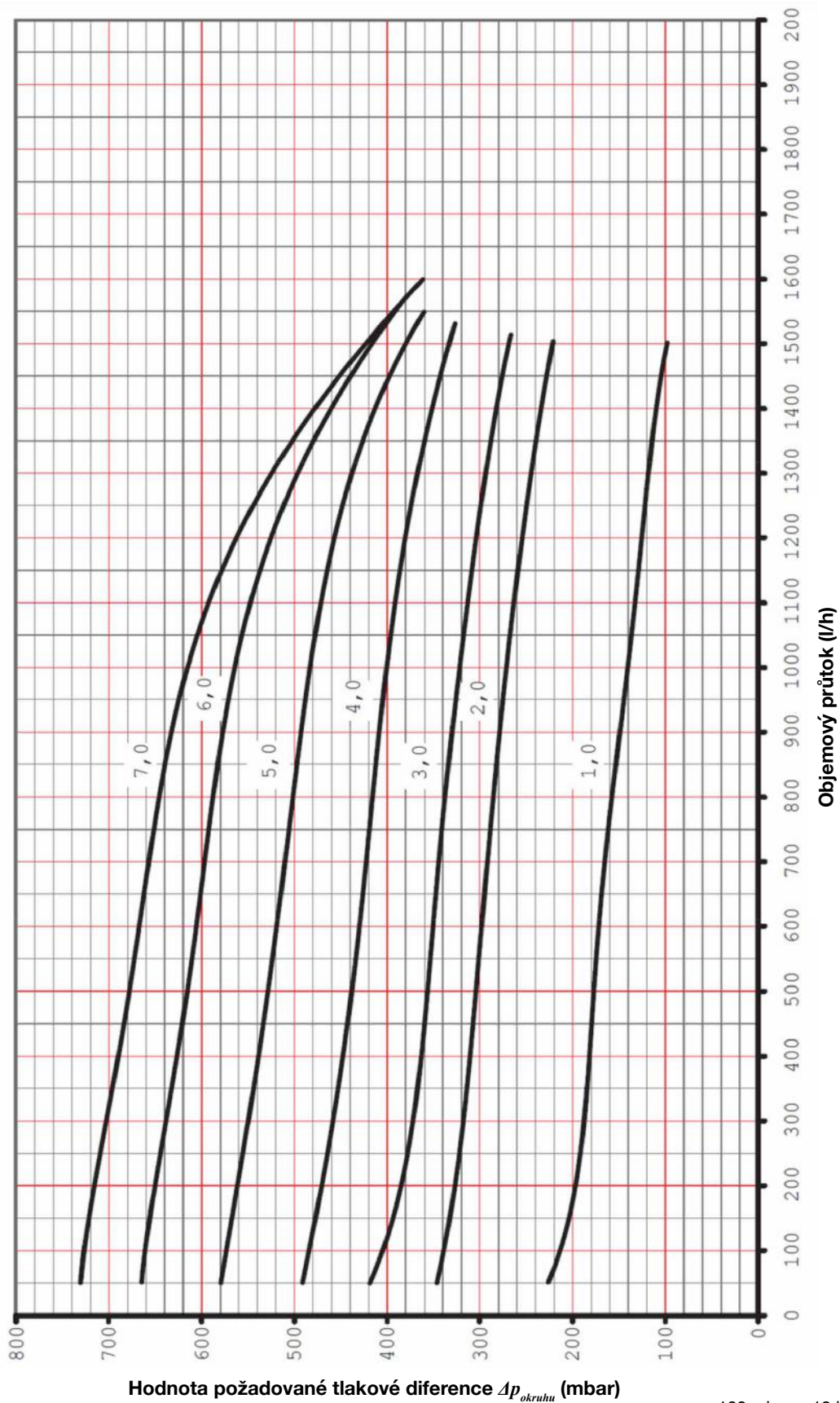
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 41 a 1 4202 41 - DN15 - 5-30 kPa



Nomogramy

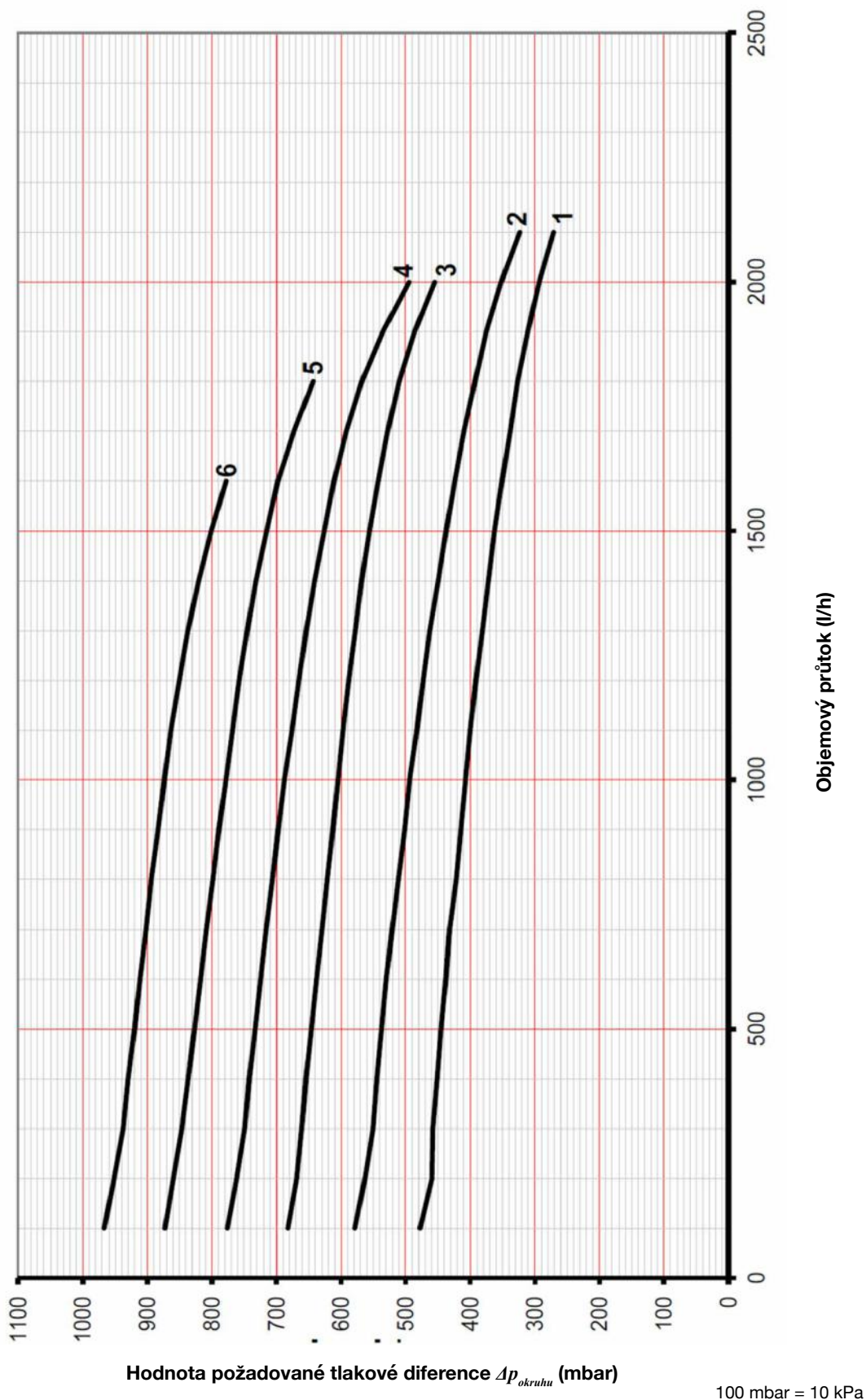
Nomogram pro 1 4002 61 a 1 4202 61 - DN15 - 25-60 kPa



100 mbar = 10 kPa

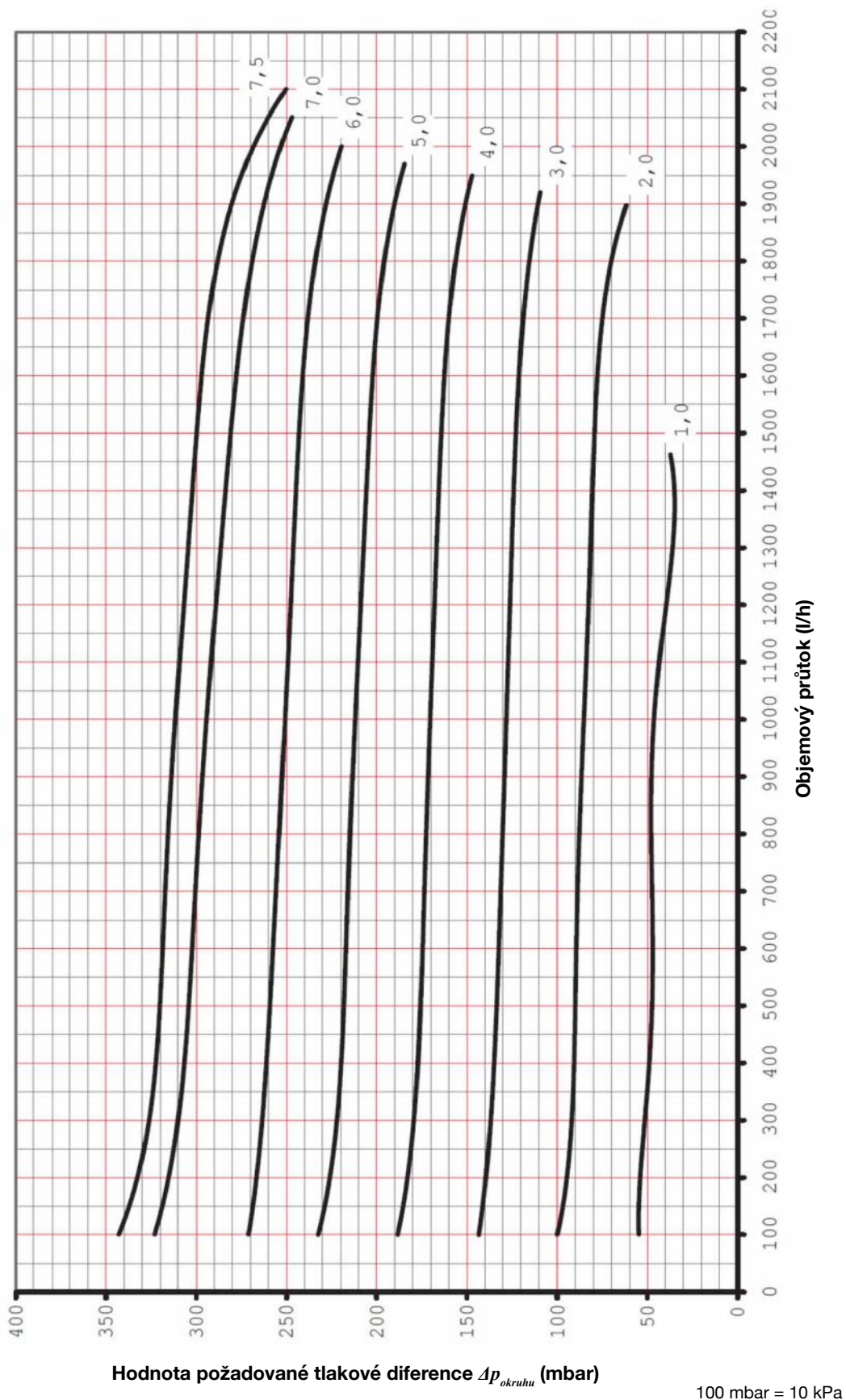
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 71 - DN15 - 45-80 kPa



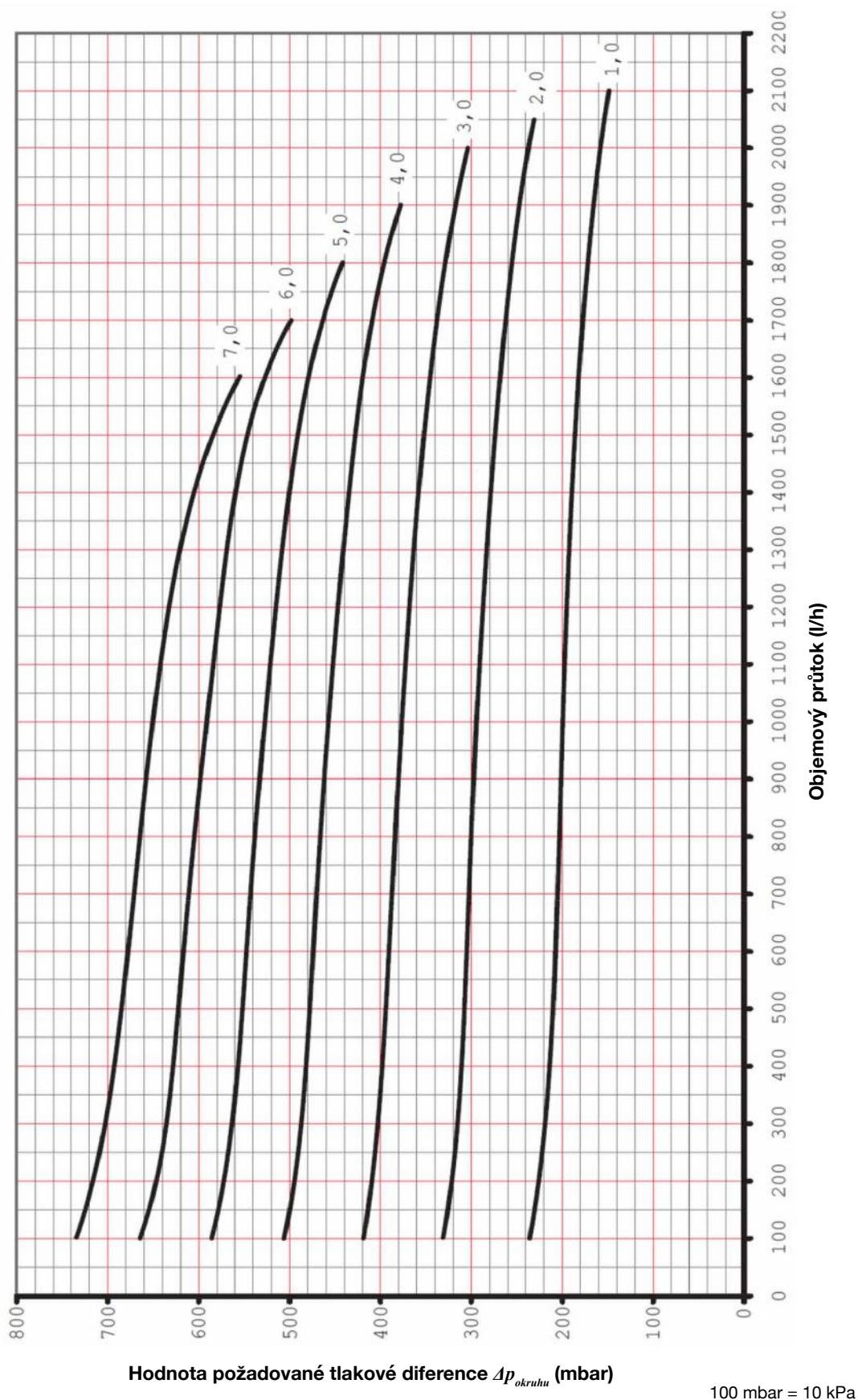
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 42 a 1 4202 42 - DN20 - 5-30 kPa



Nomogramy

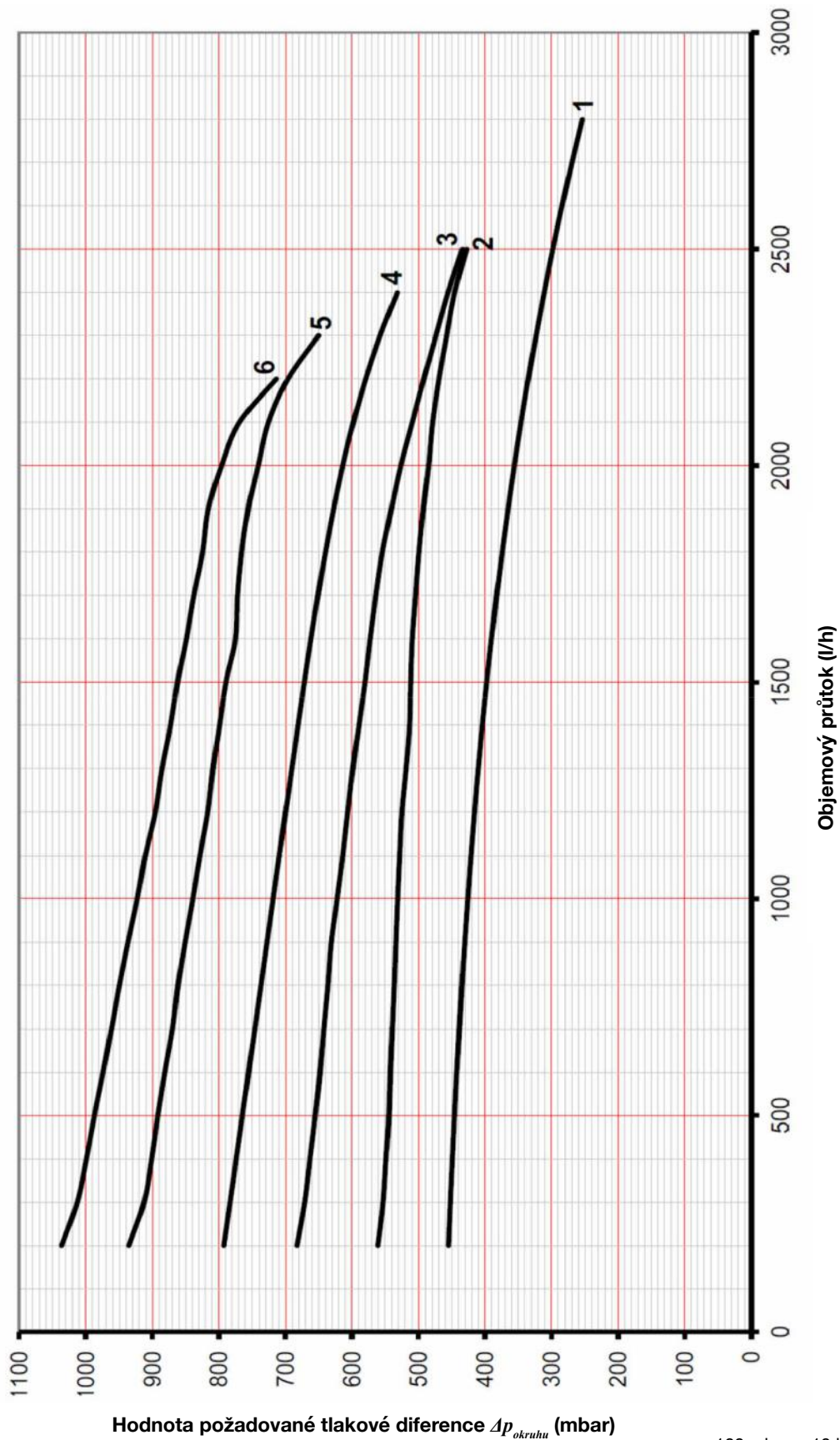
Nomogram pro 1 4002 62 a 1 4202 62 - DN20 - 25-60 kPa



100 mbar = 10 kPa

Nomogramy

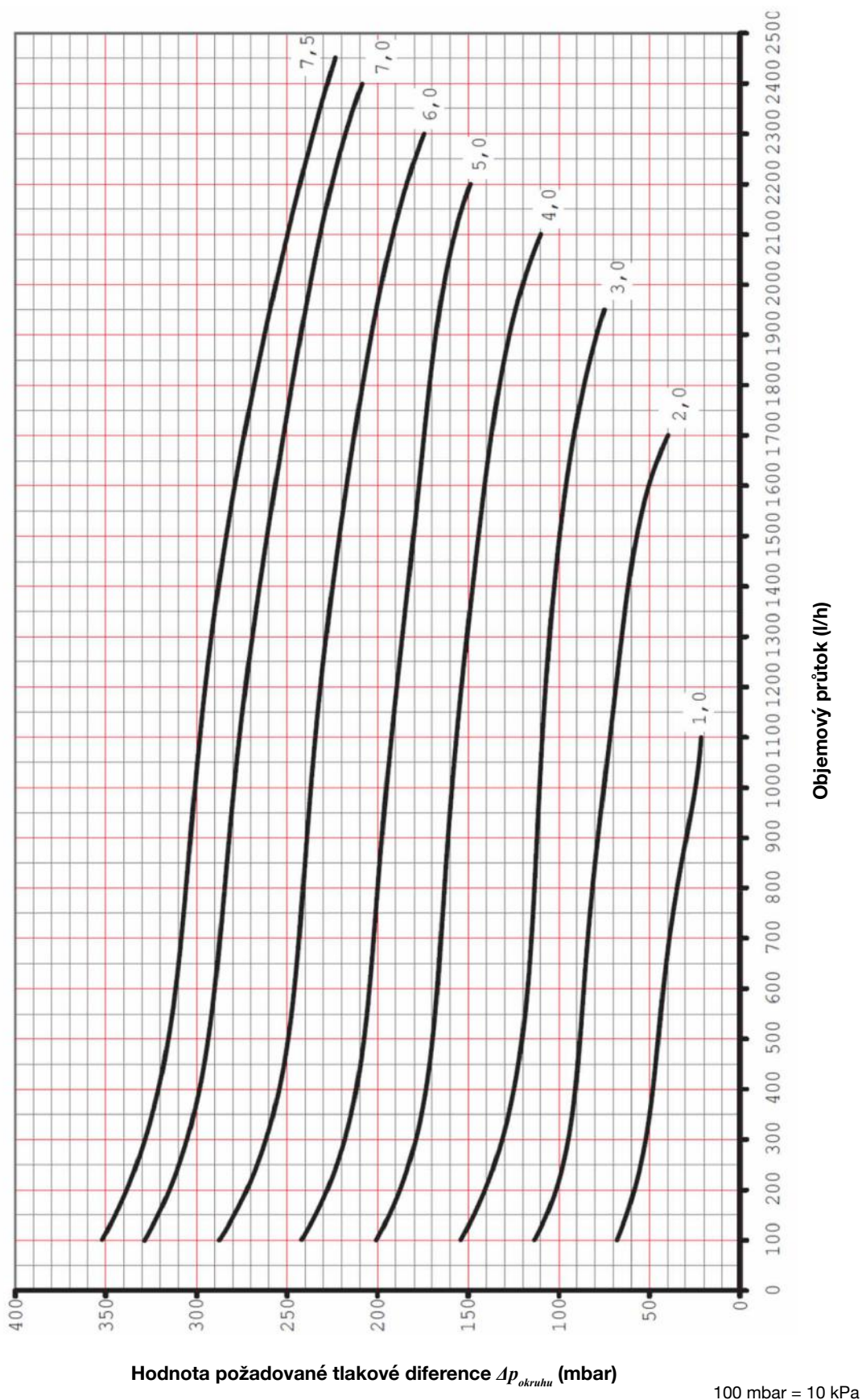
Nomogram pro 1 4002 72 - DN20 - 45-80 kPa



100 mbar = 10 kPa

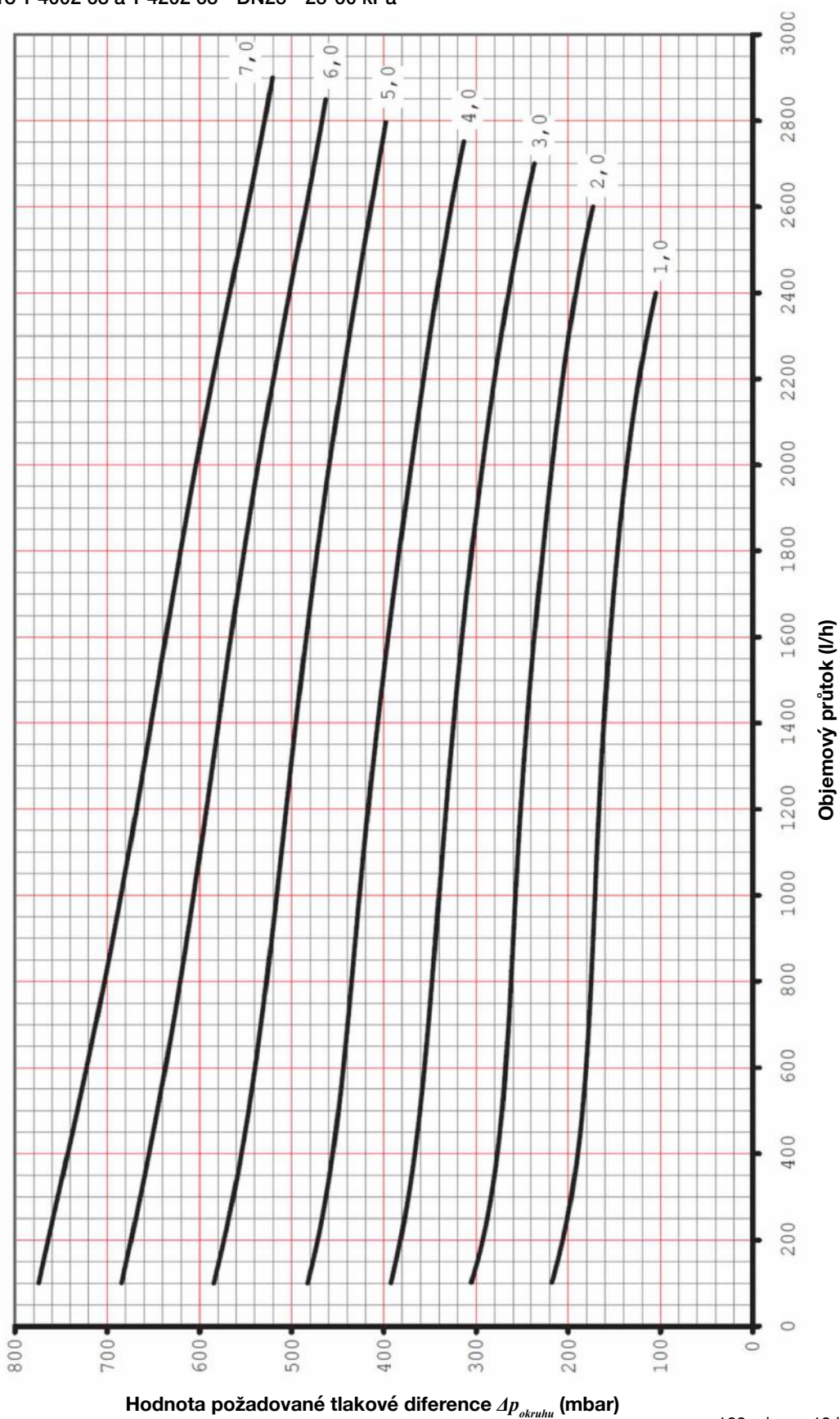
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 43 a 1 4202 43 - DN25 - 5-30 kPa



Nomogramy

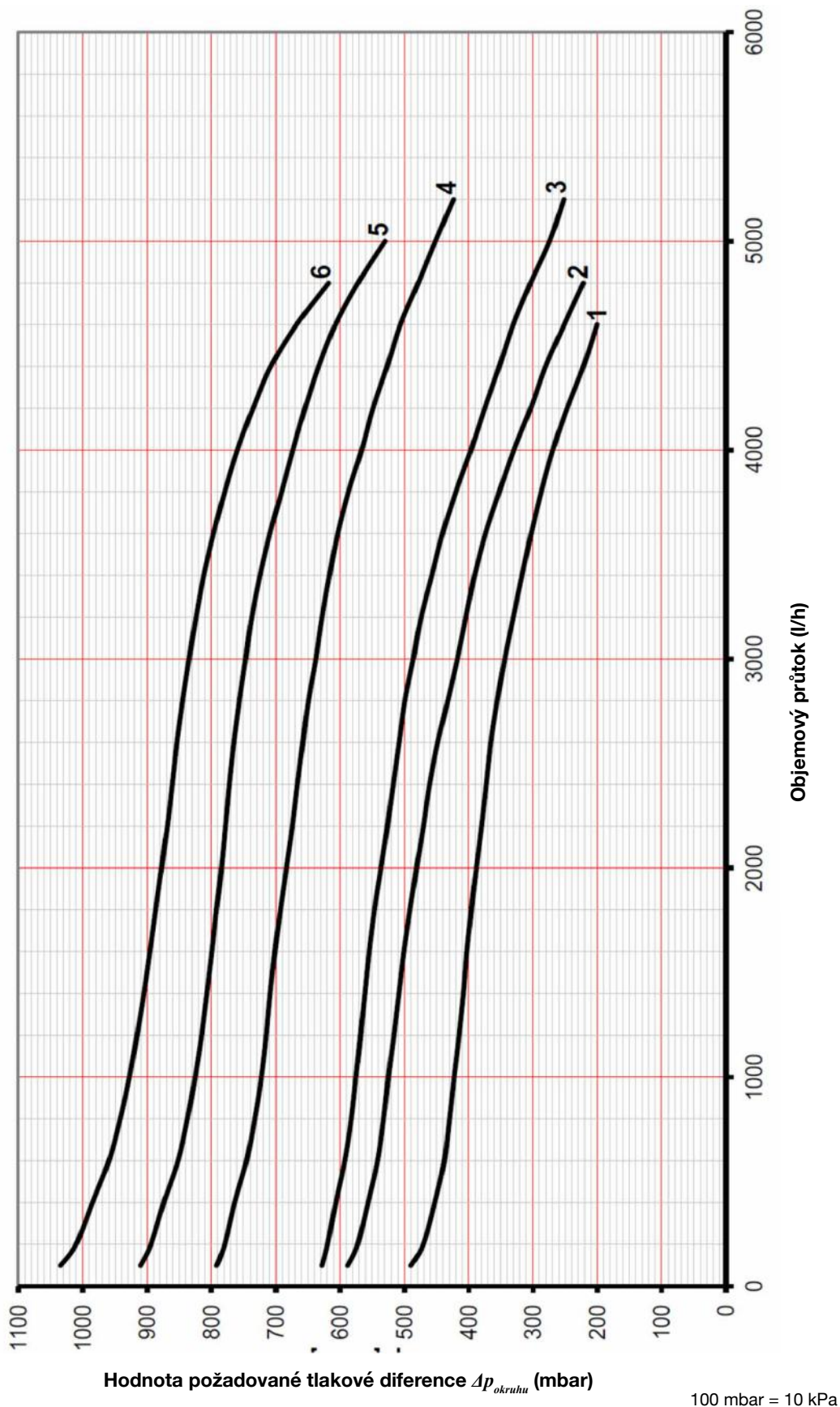
Nomogram pro 1 4002 63 a 1 4202 63 - DN25 - 25-60 kPa



100 mbar = 10 kPa

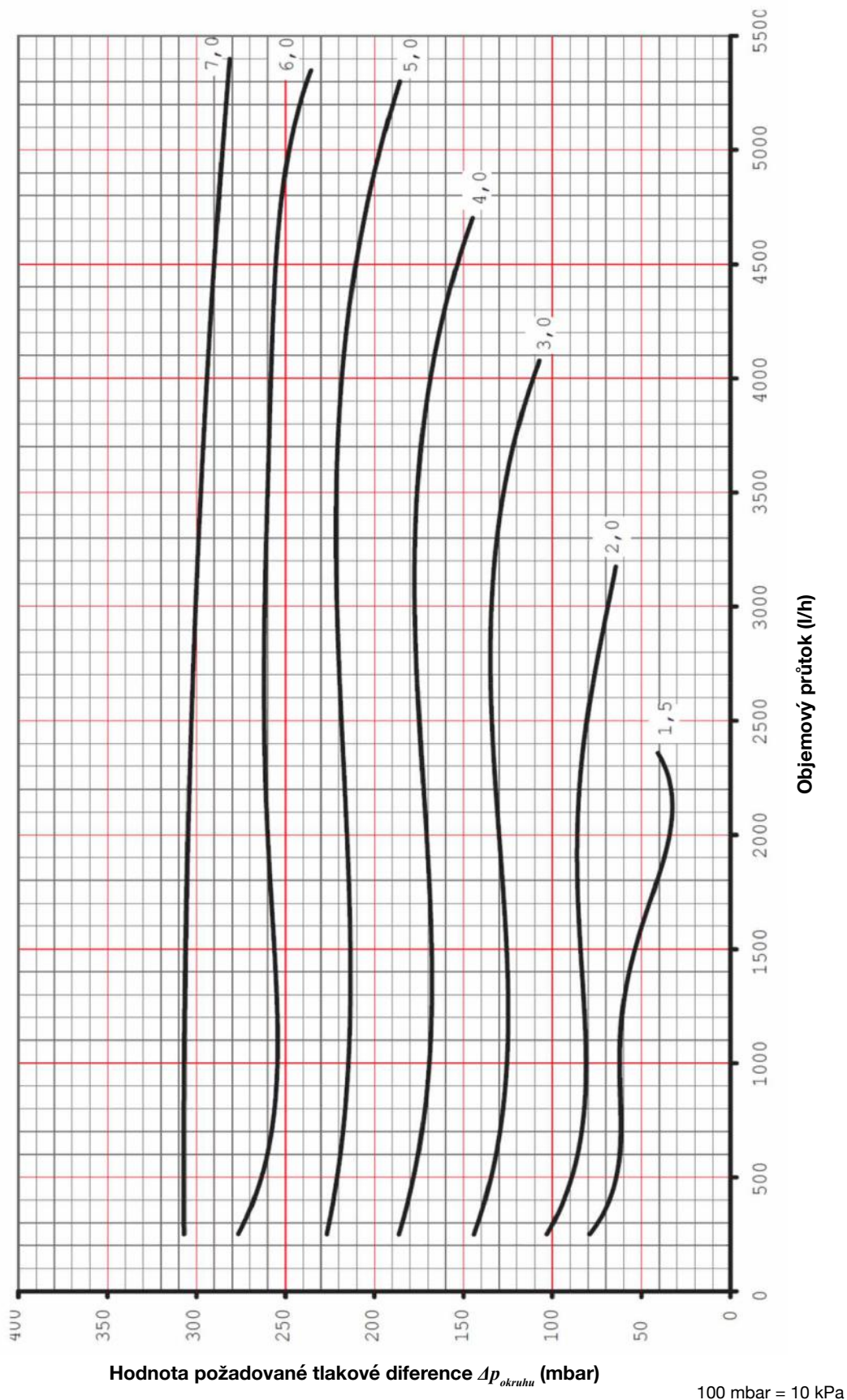
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 73 - DN25 - 45-80 kPa



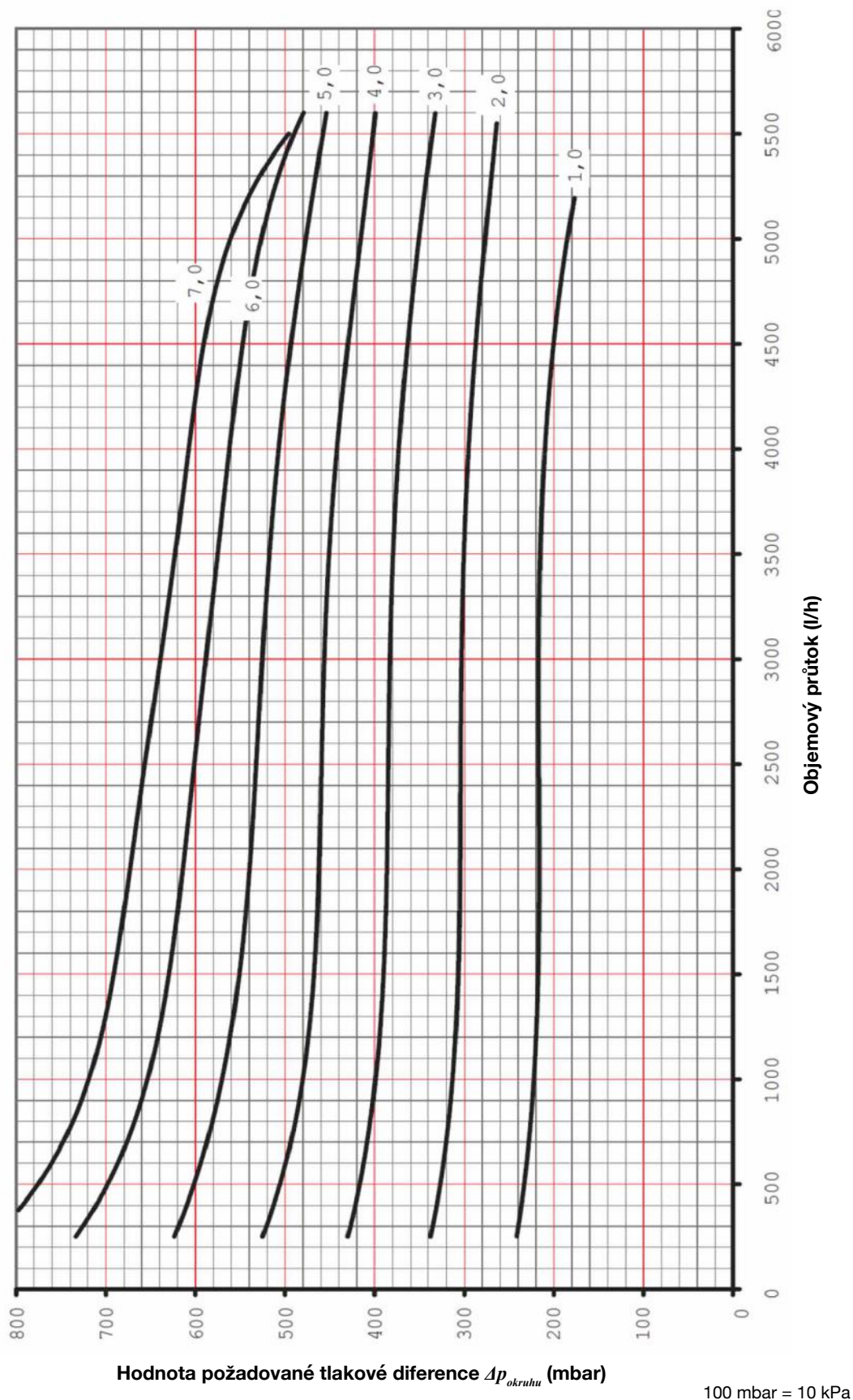
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 44 a 1 4202 44 - DN32 - 5-30 kPa



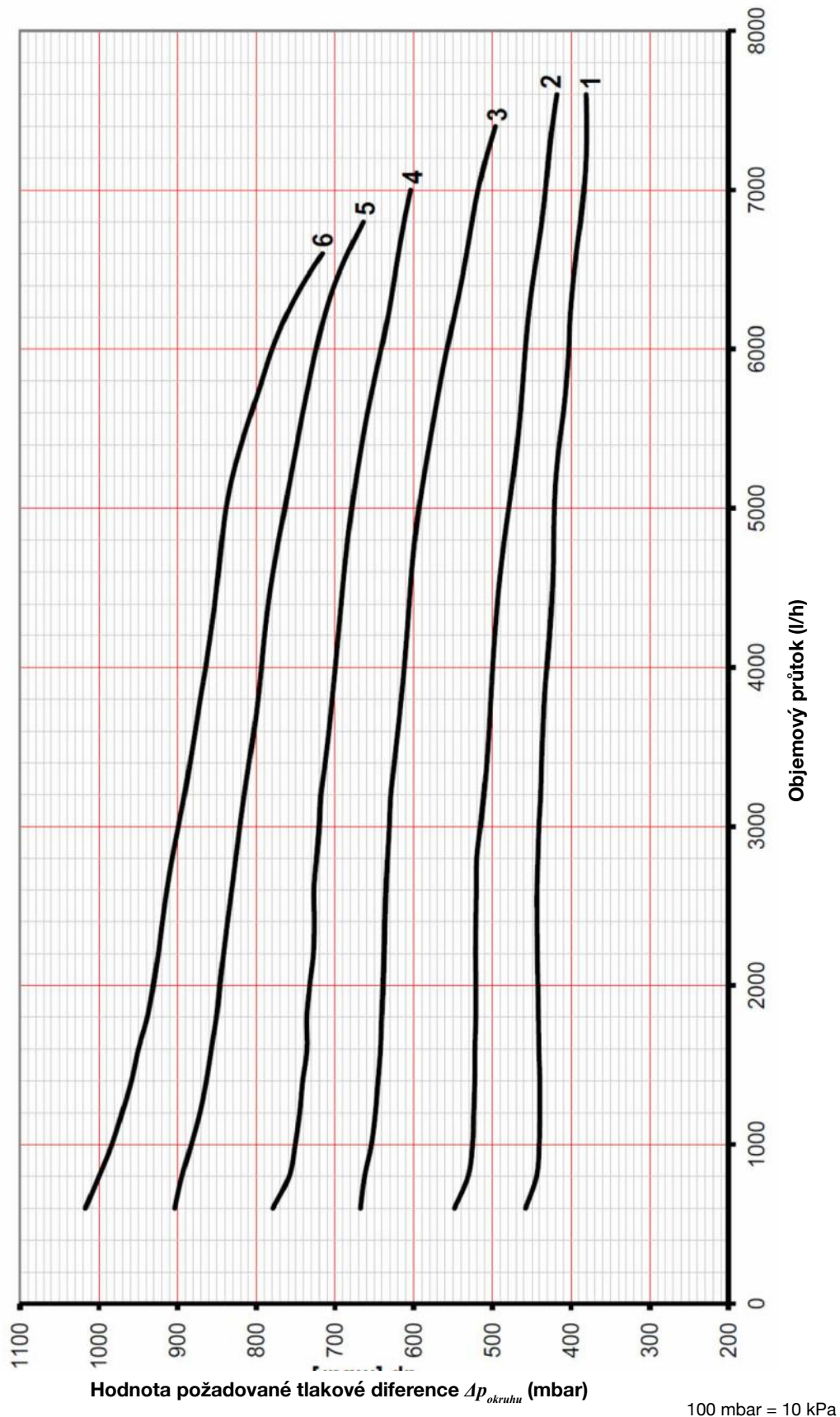
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 64 a 1 4202 64 - DN32 - 25-60 kPa



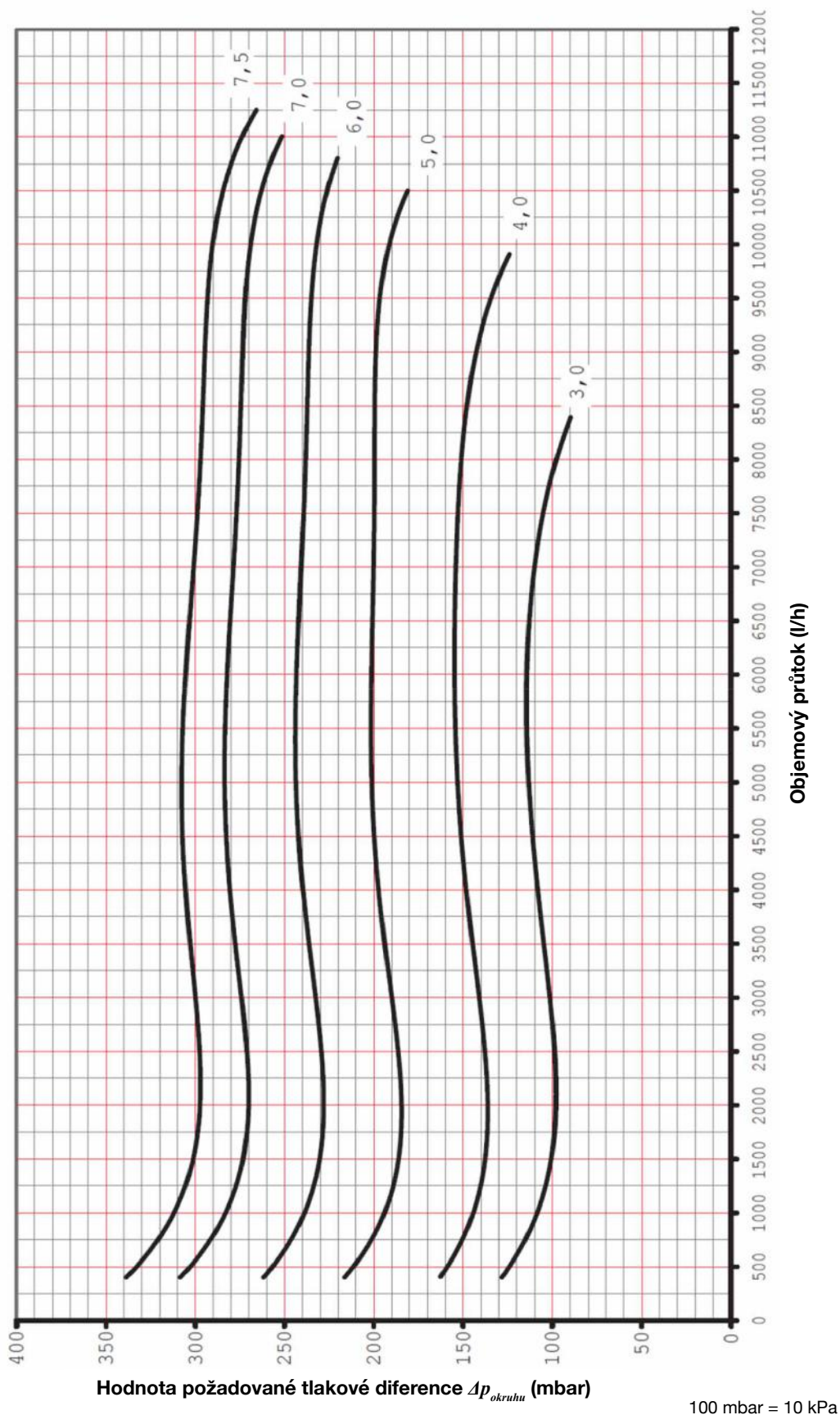
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 74 - DN32 - 45-80 kPa



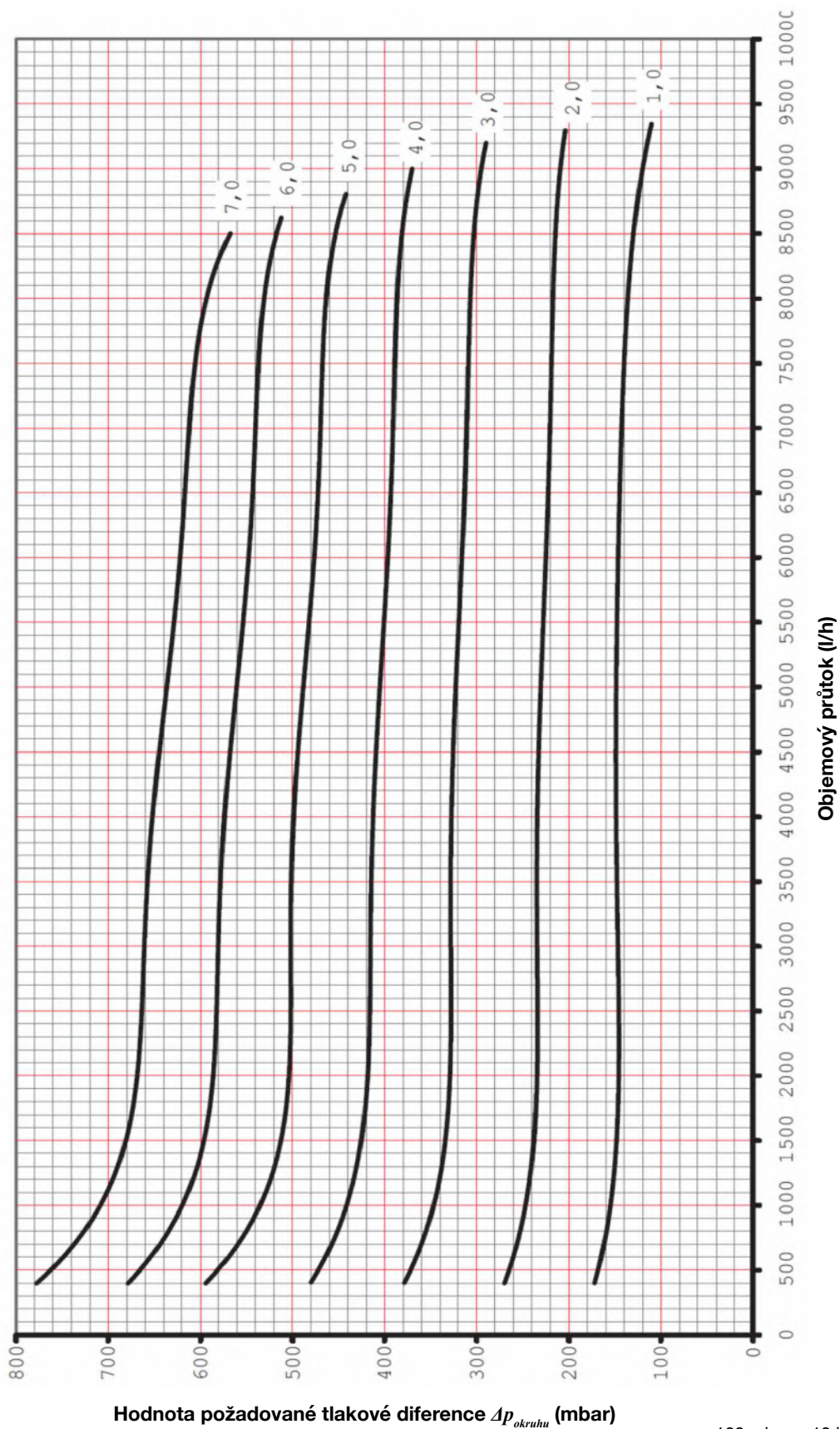
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 45 a 1 4202 45 - DN40 - 5-30 kPa



Nomogramy

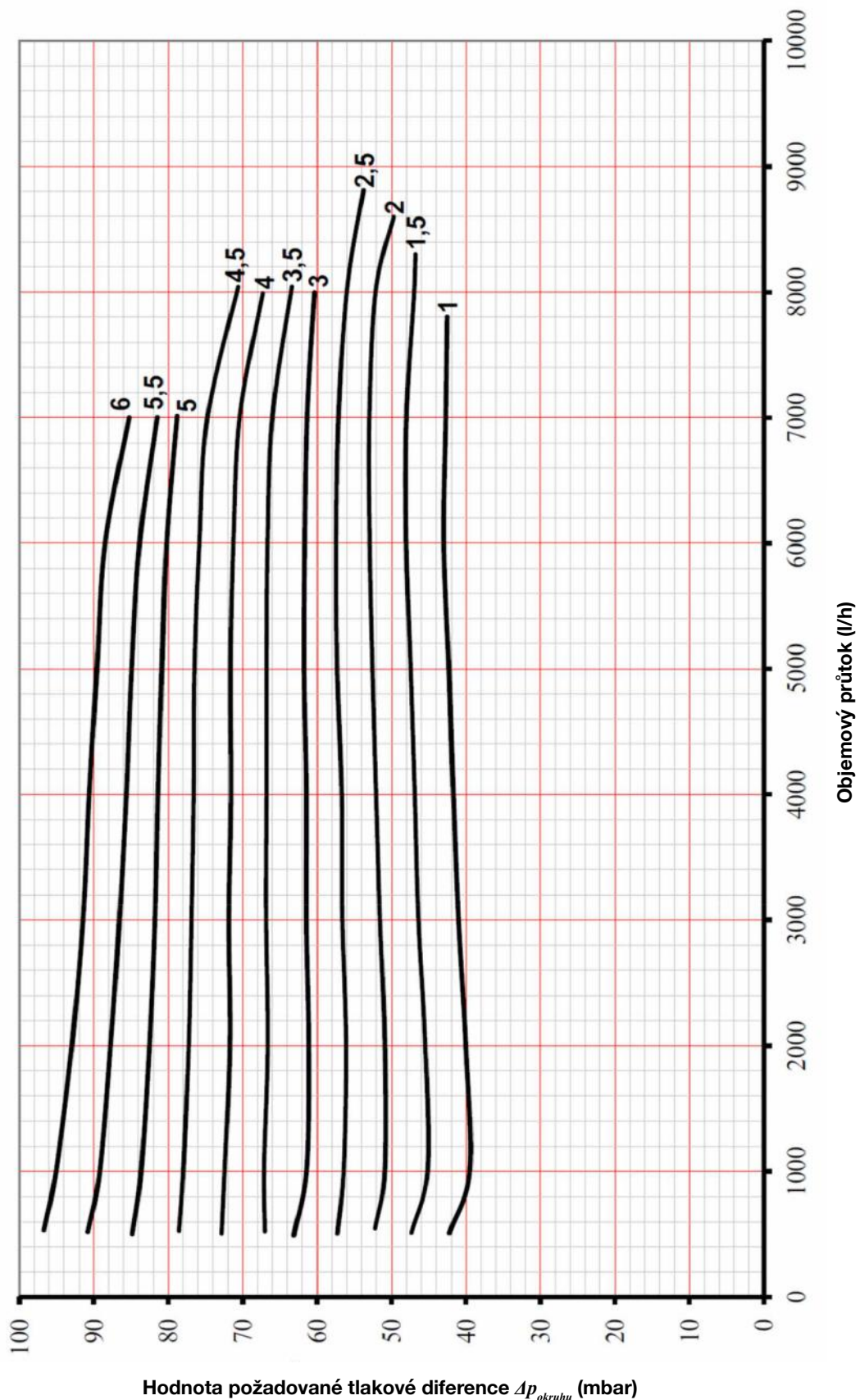
Nomogram pro 1 4002 65 a 1 4202 65 - DN40 - 25-60 kPa



100 mbar = 10 kPa

Nomogramy

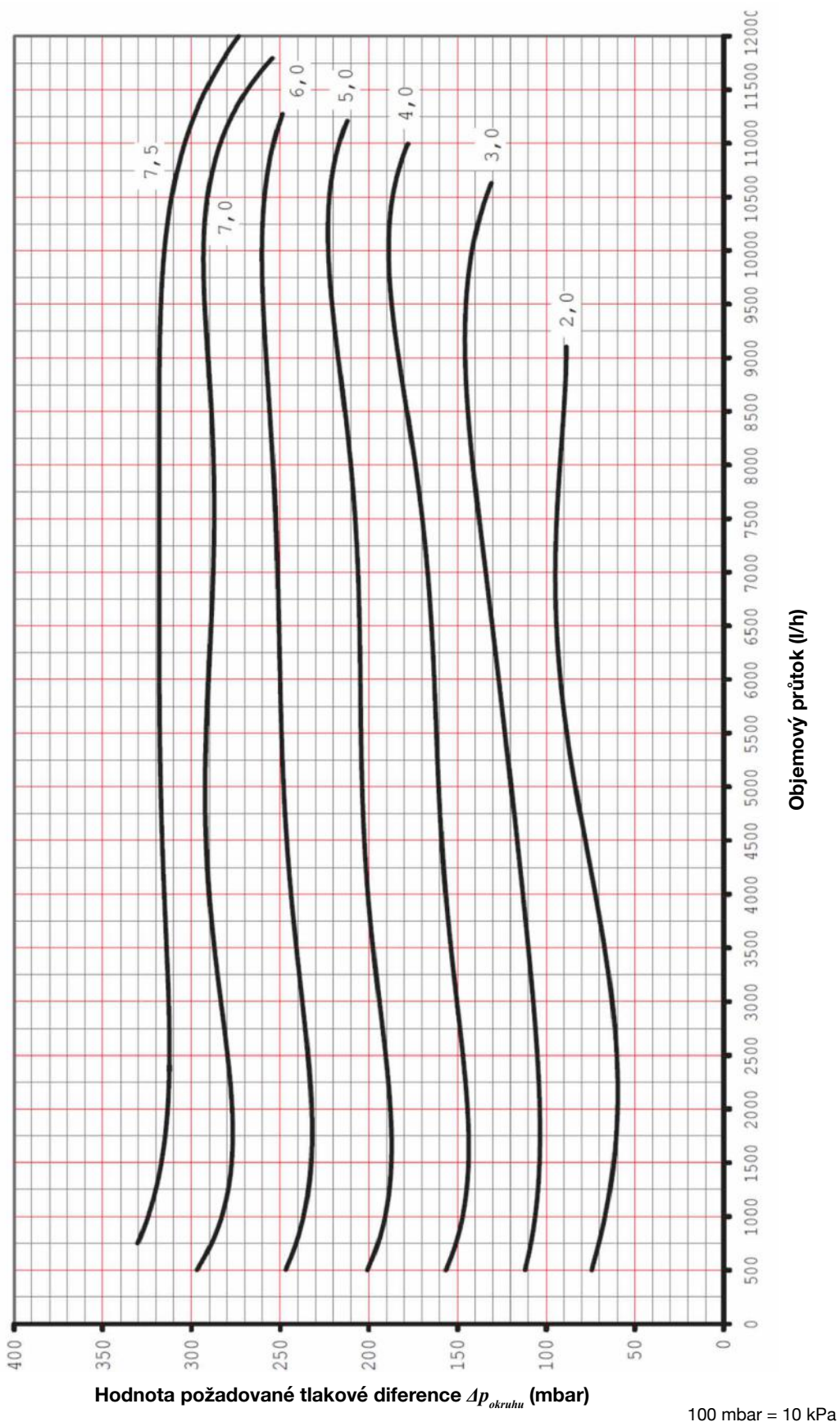
Nomogram pro 1 4002 75 - DN40 - 45-80 kPa



100 mbar = 10 kPa

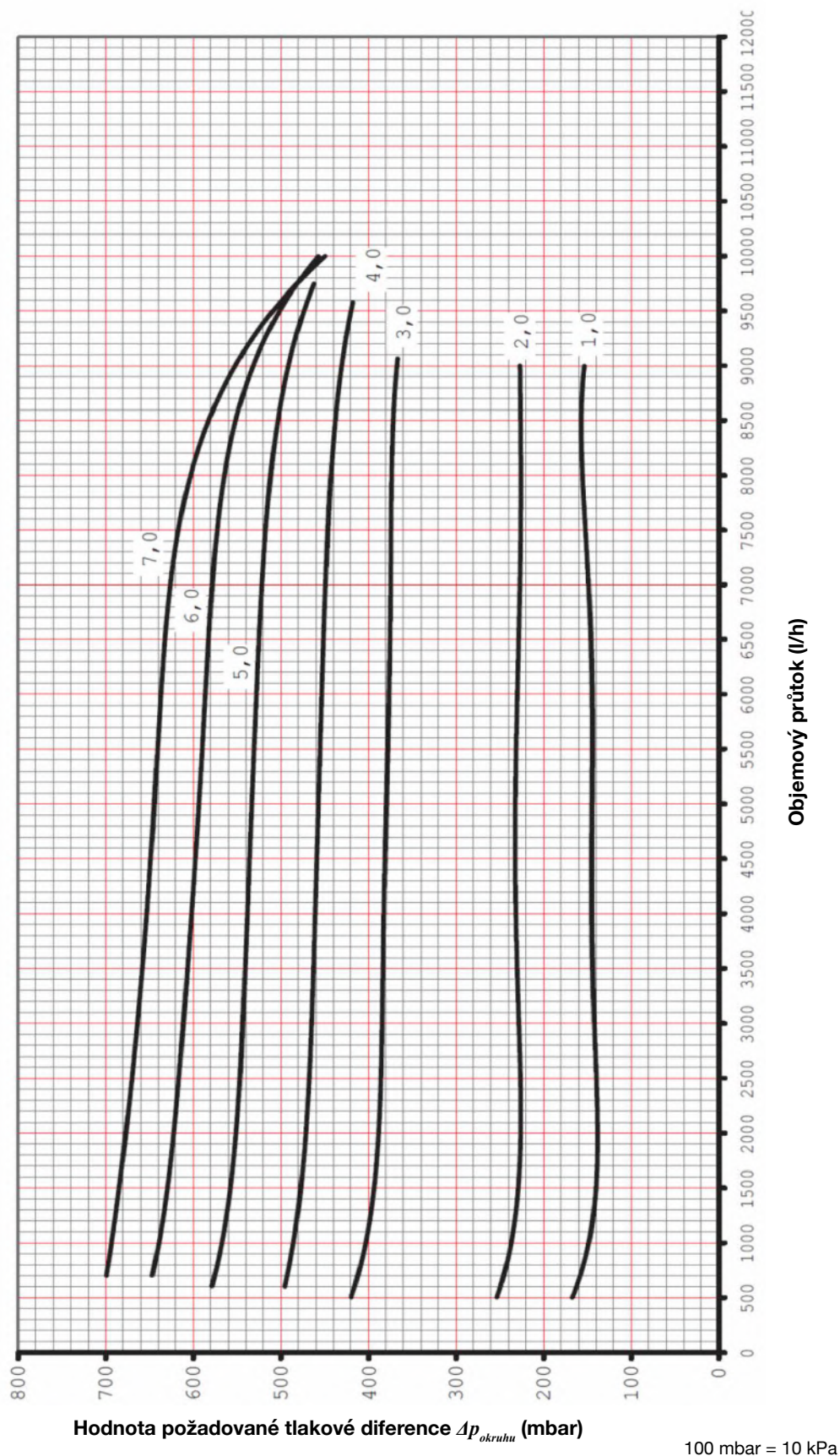
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 46 a 1 4202 46 - DN50 - 5-30 kPa



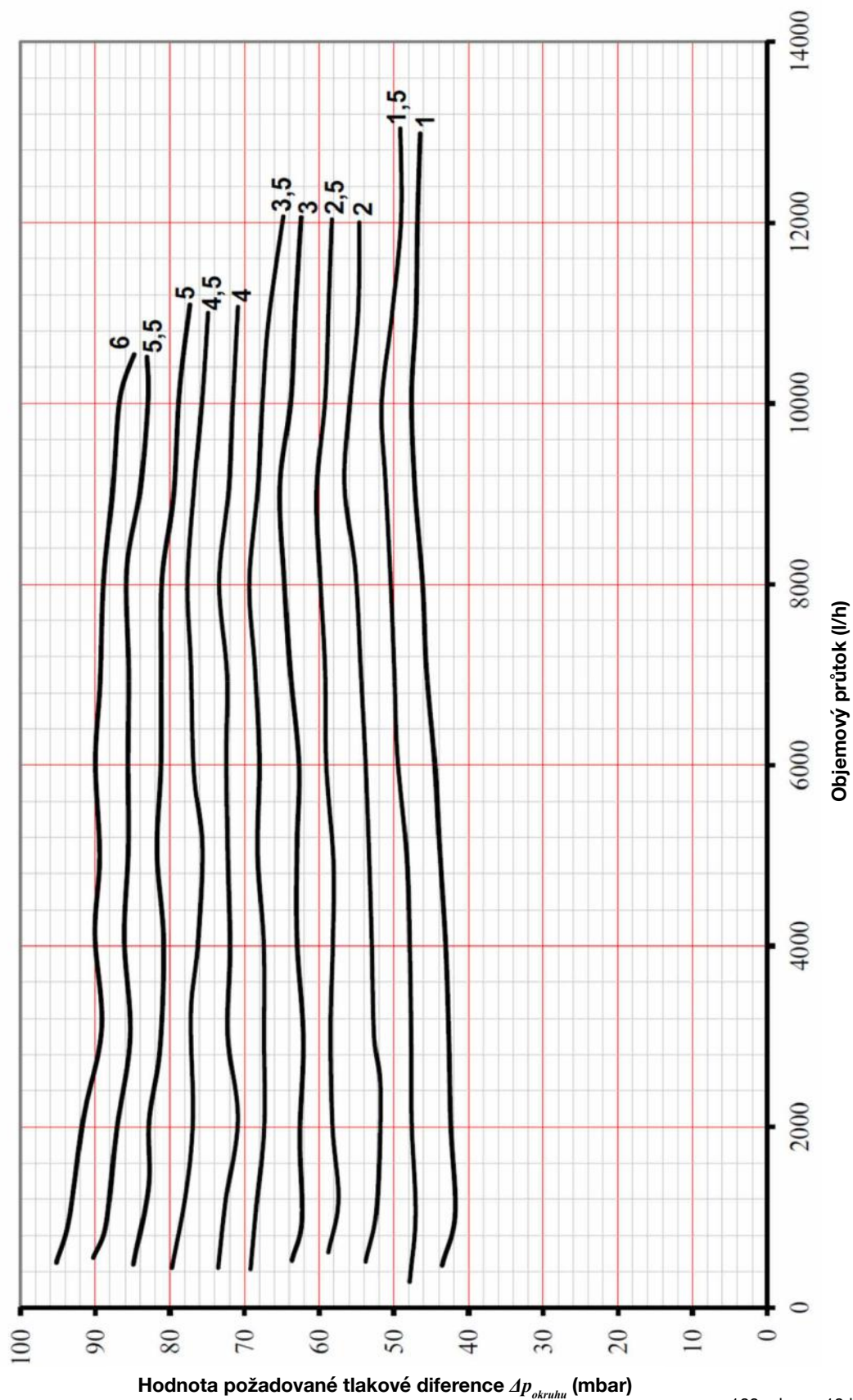
Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 66 a 1 4202 66 - DN50 - 25-60 kPa



Nomogramy

Nomogram pro 1 4002 76 - DN50 - 45-80 kPa

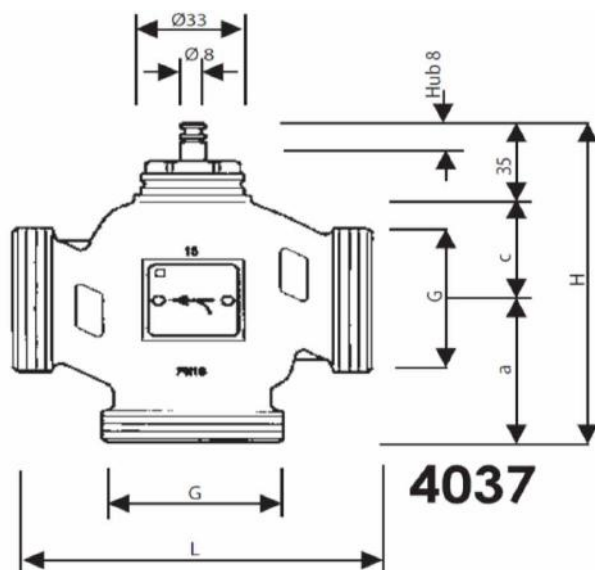


100 mbar = 10 kPa

HERZ - 3-cestný směšovací a rozdělovací ventil v závitovém provedení

Technický list k 4037, vydání 09 2020

Montážní rozměry v mm



Objednávkové číslo	Dim	G	a	c	L	H	Δp max*	kvs
			(mm)	(mm)				
1 4037 15	1/2	G 1 B	50	32	100	117	6	4
1 4037 20	3/4	G 1 1/4 B	50	33	100	118	5	6,3
1 4037 25	1	G 1 1/2 B	55	36	110	126	4	10
1 4037 32	1 1/4	G 2 B	60	38	120	133	3,7	16
1 4037 40	1 1/2	G 2 1/2 B	70	48	130	153	2,7	25
1 4037 50	2	G 2 3/4 B	75	54	150	164	1,8	40

* při použití servopohonu 1 7712 50

Provedení

3 cestný ventil s vnějším závitem cylindrický podle normy ISO 228/1, třída B těsnící na plocho, propojky trubek se musí objednat zvlášť, včetně z ušlechtilé oceli, ventilový kužel z mosazi s těsnícím kroužkem zesíleným skelnou vatou, zátka z mosazi s O kroužkem EPDM, pouzdro z mosazi cca 754 S. V porovnání s běžně zabudovanými směšovacími ventily 4037 tu výhodu, že nemá žádné těsnící hrany, a proto se nemůže opotřebovat a nemůže vykazovat netěsnost. I po dlouholetém užívání zůstane objem prosakující vody na velmi nízké úrovni.

Technické údaje

Max. provozní tlak: 16 bar / 130 °C do DN 32
 Max. provozní teplota: 16 bar / 110 °C pro DN 40 a DN 50
 Provozní médium: - 5° + 130 °C

Při teplotách < 0°C doporučujeme použití ohřívání ucpávky, při teplotách > 100 °C doporučujeme použití adaptéru teploty.

Charakteristika ventilu: lineární
 Míra prosakování: regulační větev < 0,02 % z hodnoty kvs
 přimíchávací větev 1 % z hodnoty kvs

Kvalita plnicího média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035.
 Armatury jsou vhodné pro směs vody a etylenglykolu s obsahem etylenglykolu 15-45 %.

♥ Oblast využití

3-cestný ventil můžeme použít jako směšovací nebo rozdělovací ventil k plynulé regulaci studené, teplé vody nebo vzduchu. Společně se servopohonem se používá jako armatura s nastavitelnou charakteristikou (lineární nebo stejnoprocentní). Servopohon může být montován v libovolné poloze, s výjimkou závěsné montážní polohy, tzn., servopohon je pod osou ventilu. Do servopohonu se nesmí dostat žádný kondenzát, kapající voda a pod. Propojení ventilu a servopohonu je možné bez adjustace. Po napojení napětí na zdvih ventilu a zarážku ventilu se pohon sám adjustuje.

♥ Montáž

Ventily se v závislosti na účelu použití (směšovací nebo rozdělovací ventily) montují do systému trubek s použitím běžně dostupných závitových spojů s plochými těsněními.

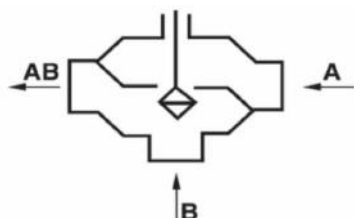
Při montáži je třeba zabránit vniknutí nečistot do tělesa ventilů.

Když se čep vřetene ventilu dotáhne, je větev A - AB zablokována. Při montáži ventilu do potrubí je třeba respektovat směr proudění média ventilem vyznačený šipkou na tělese ventilu. Směr proudění média je vyznačený šipkou na tělese ventilu.

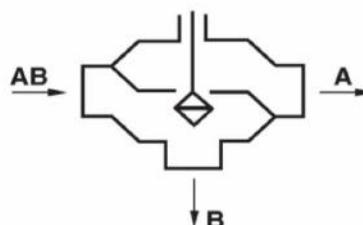


♥ Návod k montáži

Zapojení jako směšovací ventil



Zapojení jako rozdělovací ventil

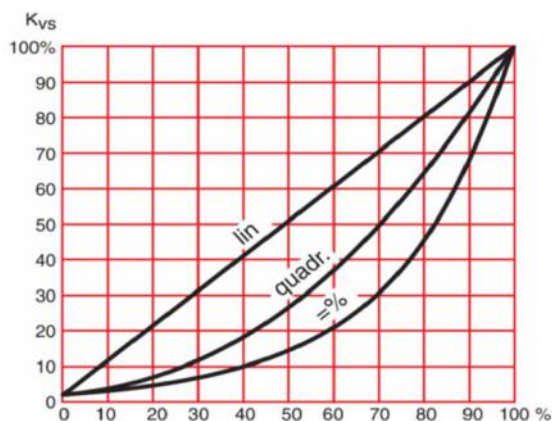


♥ Volba pohonů

Objednávkové číslo	Max. tlaková diference (bar)	
	500 N	Ruční ovládání
	1 7712 11	1 9102 40
	1 7712 50	
	1 7712 51	
	Směšovací ventil	
1 4037 15	6	15
1 4037 20	5	10
1 4037 25	4	9
1 4037 32	3,7	7
1 4037 40	2,7	4,4
1 4037 50	1,8	3

♥ Charakteristika ventilu

Charakteristika v kombinaci s pohonem 1 7712 11. (pro srovnání je zobrazena i kvadratická charakteristika)



Lineární charakteristiky ventilu je možné dosáhnout při použití servopohonu 1 7712 11 se zabudovaným spínačem DIP.

Možné jsou:

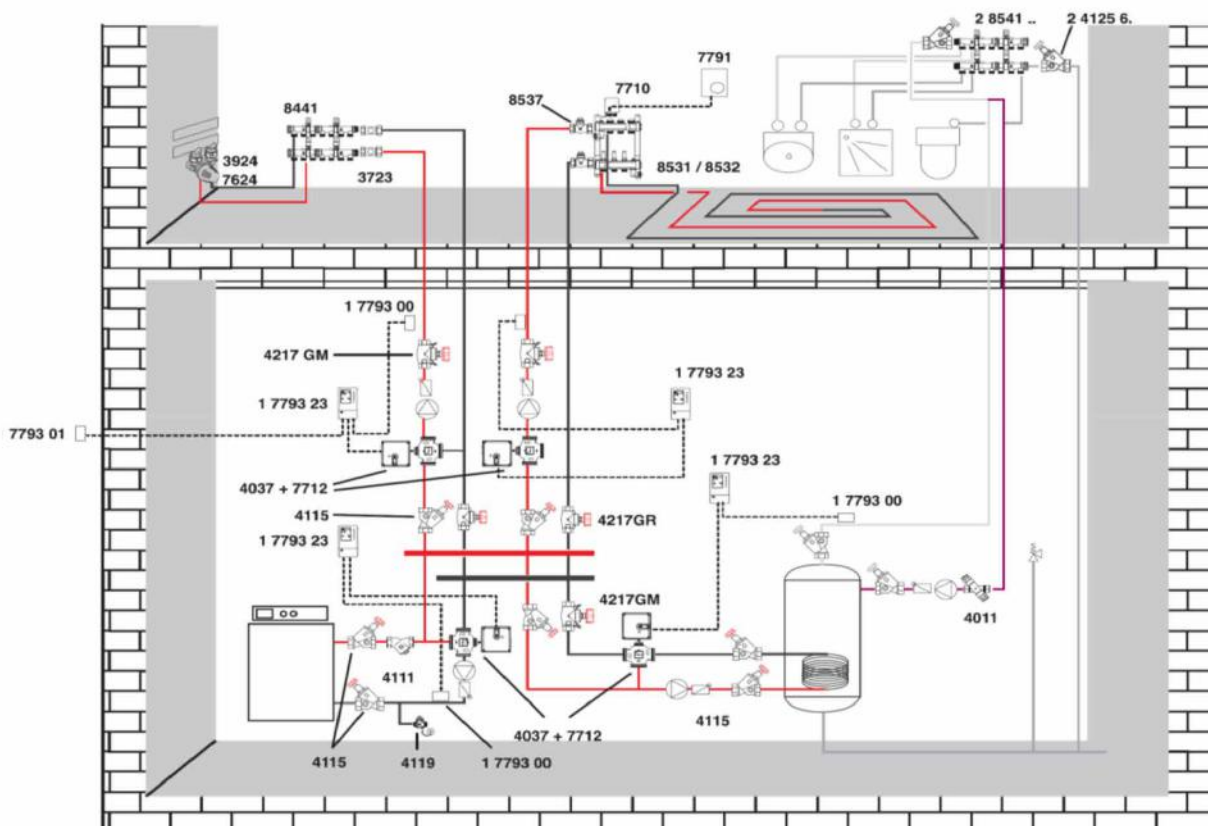
- lineární charakteristika
- stejnoprocentní charakteristika

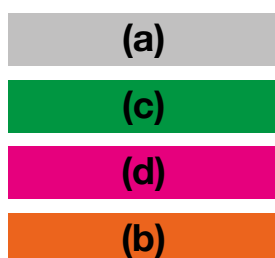
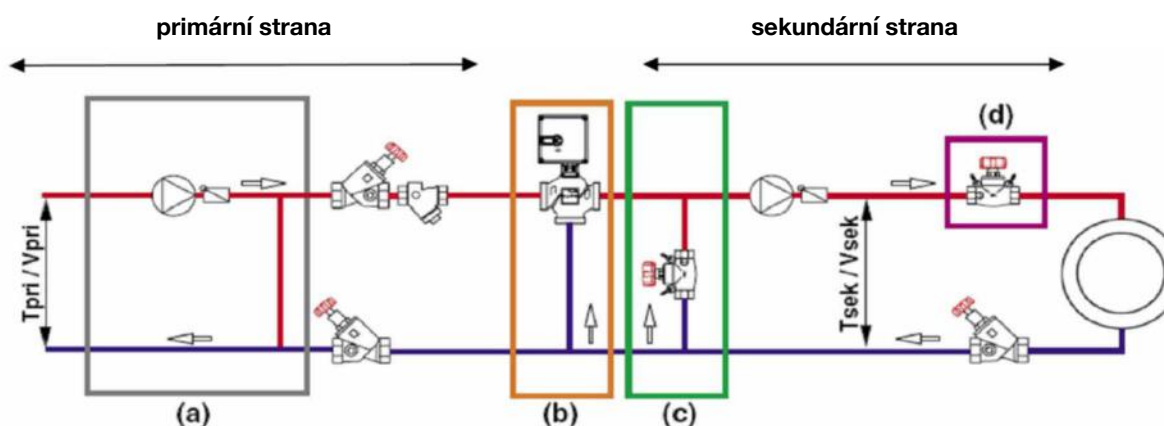

Příslušenství

- | | |
|-----------|---|
| 1 7712 11 | HERZ servopohon s regulací polohy 24 V, řídicí signál 0-10 V |
| 1 7712 50 | HERZ servopohon s regulací polohy 230 V, nastavovací síla 500 N |
| 1 7712 51 | HERZ servopohon s regulací polohy 24 V, nastavovací síla 500 N |
| 1 9102 40 | HERZ ruční pohon pro 4037 |


Likvidace

Při likvidaci je třeba dodržovat místní aktuálně platné právní předpisy.


Příklad použití


 Příklad návrhu


(a) Primární čerpadlo vždy s bypasem

(c) Bypasový ventil $\Delta T > 30K$

$\Delta p_{\text{bypass}} = \Delta p$ trojcestný ventil (skut.)

$\Delta p_{\text{STRÖMAX}} = 3 \text{ [kPa]}$

(b) Osazení směšovacího ventilu; postup

1) $\Delta p_{\text{theo}} = 3 \text{ [kPa]}$

2)
$$k_{\text{vtheo}} = \frac{V_{\text{pri}}}{100 \sqrt{\Delta p_{\text{theo}}}}$$

3) Výběr ventilu podle tabulky ($k_{\text{vstat}} < k_{\text{vtheo}}$)

4) Přepočet skutečného úbytku tlaku

$$\Delta p_{\text{tat}} = \left(\frac{V_{\text{pri}}}{100 \cdot k_{\text{vstat}}} \right)^2$$

závislost výkon / množství vody:

$$V = \frac{3600 \cdot P}{c \cdot \Delta T}$$

kde:

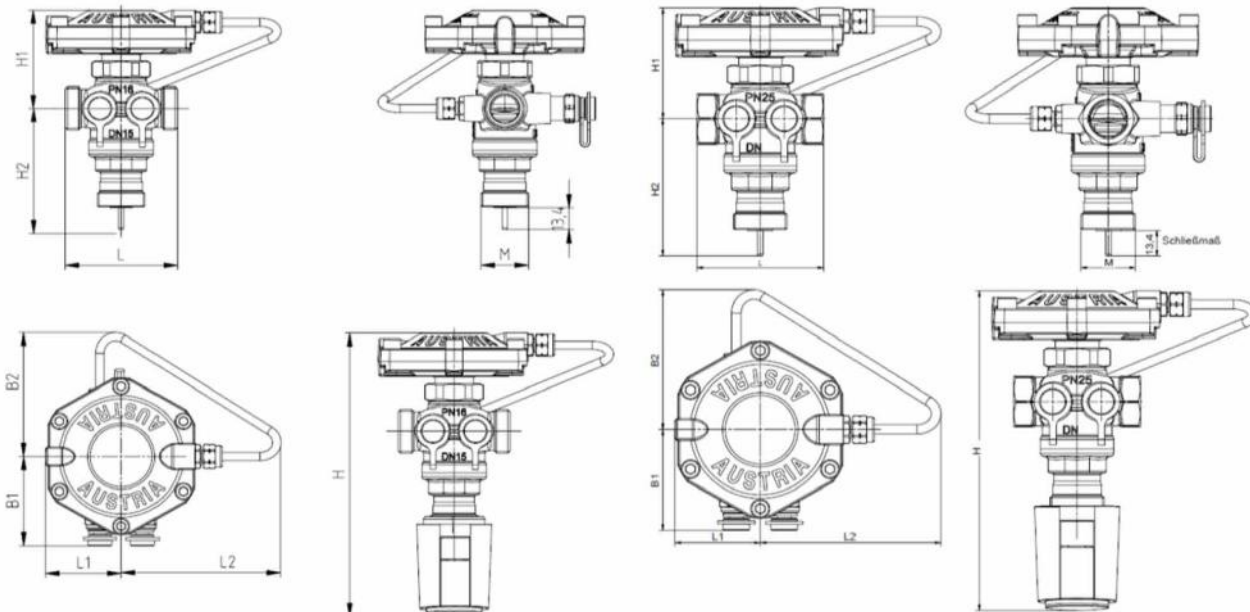
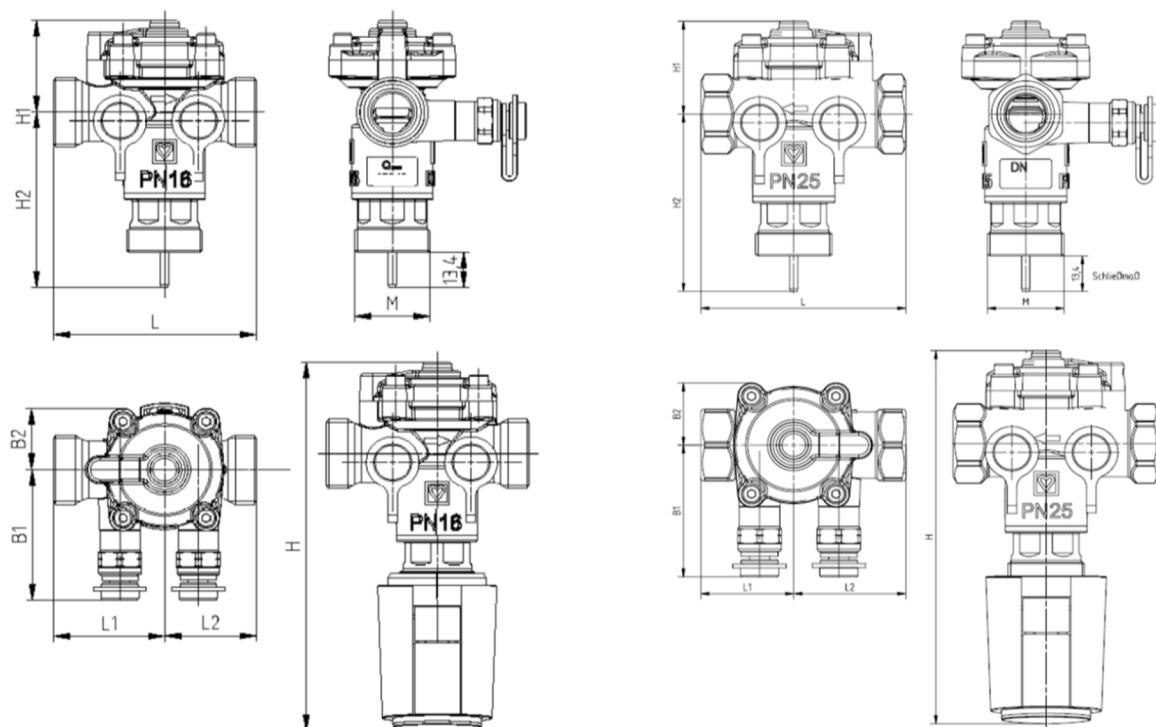
V	hmotnostní průtok	[kg/h]
P	výkon	[KW]
C	měrná tepelná kapacita	[4,19 kJ/kg K]
T	tepelný spád	[K]
K_v	charakteristika ventilu	[m ³ /h]
p	tlaková ztráta	[kPa]

Veškeré údaje uvedené v tomto dokumentu odpovídají informacím předloženým v době tisku a nemusí být úplné. Změny ve smyslu technického vývoje jsou vyhrazeny. Vyobrazení jsou jen symbolická, a proto se od skutečných výrobků mohou odlišovat. Možné barevné odchylky jsou způsobeny tiskem. Výrobky se mohou v různých zemích lišit. Změny technických specifikací a funkce jsou vyhrazeny. S případnými dotazy se prosím obraťte nejbližší pobočku společnosti HERZ.

HERZ - Regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil závitový

Technický list k 4006 1x, 4x, 6x a 4206 1x, 2x, 4x, 6x vydání 10 2019

Montážní rozměry v mm
14006 XX
1 4206 XX

 DN15 - DN20 s kuželovým těsněním /
 DN25 - DN50 s plochým těsněním

14006 XX SMART
1 4206 XX SMART


PN	Obj.č.	DN	Závit , in	L, mm	H1, mm	H2, mm	H*, mm	B1, mm	B2, mm	L1, mm	L2, mm	M, mm	
16 bar	1 4006 20	15 LF	AG	3/4 G	75	35	69	158,8	23	50	41	34	28
	1 4006 21	15		3/4 G	75	35	69	158,8	23	50	41	34	28
	1 4006 22	20		1 G	75	32	73	159,8	23	50	41	34	28
	1 4006 29	15 MF		3/4 G	75	35	69	158,8	23	50	41	34	28
	1 4006 60	15 LF	AG	3/4 G	75	35	69	158,8	23	26	41	34	28
	1 4006 61	15		3/4 G	75	35	69	158,8	23	26	41	34	28
	1 4006 62	20		1 G	75	32	73	159,8	23	26	41	34	28
	1 4006 69	15 MF		3/4 G	75	35	69	158,8	23	26	41	34	28
	1 4006 11	15	AG	3/4 G	66	59	75	188,8	54	74	45	94	28
	1 4006 12	20		1 G	76	60	75	189,8	56	72	45	89	28
	1 4006 13	25		5/4 ploché těsnění	76	60	75	189,8	56	72	45	89	28
	1 4006 14	32		1 1/2 ploché těsnění	114	76	86	216,8	47	76	57	86	28
	1 4006 15	40		1 3/4 ploché těsnění	132	86	97	237,8	47	82	66	85	28
	1 4006 16	50		2 3/8 ploché těsnění	140	86	97	237,8	47	82	70	85	28
	1 4006 41	15	AG	3/4 G	66	59	75	188,8	47	74	45	94	28
	1 4006 42	20		1 G	76	60	75	189,8	47	72	45	89	28
1 4006 43	25	5/4 ploché těsnění		76	60	75	189,8	47	72	45	89	28	
1 4006 44	32	1 1/2 ploché těsnění		114	76	86	216,8	47	76	57	86	28	
1 4006 45	40	1 3/4 ploché těsnění		132	86	97	237,8	47	82	66	85	28	
1 4006 46	50	2 3/8 ploché těsnění		140	86	97	237,8	47	82	70	85	28	
25 bar	1 4206 20	15 LF	IG	1/2	75	35	67	156,8	23	50	41	34	28
	1 4206 21	15		1/2	75	35	65	154,8	23	50	41	34	28
	1 4206 22	20		3/4	75	35	65	154,8	23	50	41	34	28
	1 4206 29	15 MF		1/2	75	35	67	156,8	23	50	41	34	28
	1 4206 60	15 LF	IG	1/2	75	35	67	156,8	23	26	41	34	28
	1 4206 61	15		1/2	75	35	65	154,8	23	26	41	34	28
	1 4206 62	20		3/4	103	32	71	157,8	23	26	41	34	28
	1 4206 69	15 MF		1/2	102	35	67	156,8	23	26	41	34	28
	1 4206 11	15	IG	1/2	66	59	73	186,8	54	74	45	94	28
	1 4206 12	20		3/4	76	60	73	187,8	56	72	45	89	28
	1 4206 13	25		1	90	60	73	187,8	56	72	45	89	28
	1 4206 14	32		1 1/4	114	76	84	214,8	47	76	57	86	28
	1 4206 15	40		1 1/2	132	86	95	235,8	47	82	66	85	28
	1 4206 16	50		2	140	86	95	235,8	47	82	70	85	28
	1 4206 41	15	IG	1/2	66	59	73	186,8	47	74	45	94	28
	1 4206 42	20		3/4	76	60	73	187,8	47	72	45	89	28
1 4206 43	25	1		90	60	73	187,8	47	72	45	89	28	
1 4206 44	32	1 1/4		114	76	84	214,8	47	76	57	86	28	
1 4206 45	40	1 1/2		132	86	95	235,8	47	82	66	85	28	
1 4206 46	50	2		140	86	95	235,8	47	82	70	85	28	

* včetně termopohonu 1 7990 3X

Technické údaje

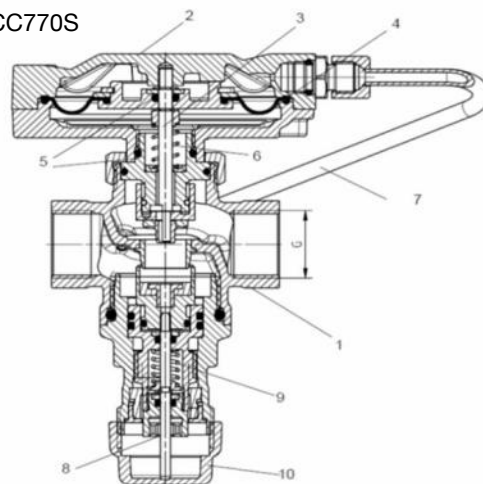
	DN15		DN15LF	DN15MF	DN20		DN25	DN32	DN40	DN50
1 4006 .. / 1 4206 ..	11 / 41	21 / 61	20 / 60	29 / 69	12 / 42	22 / 62	13 / 43	14 / 44	15 / 45	16 / 46
Hodnota k_{vs} (m ³ /h)	1,01	0,57	0,22	0,36	2	1,16	3,26	5,59	9,49	9,17
Průtok při 100% nastavení	430	400	120	190	900	820	1900	2500	5200	4820
Provozní tlak	max. 16 bar (1 4006 XX) max 25 bar (1 4206 XX)									
Max. diferenční tlak na tělese ventilu	4 bar									
Min. provozní teplota	+2 °C (čistá voda) / -20 °C (nemrznoucí kapalina)									
Max. provozní teplota	+130 °C do DN32 / +110 °C DN40 - DN50									
Zdvih	4 mm									
Regulační oblast	viz v tabulce výše, průtok při nastavení 100 %									

Provozní médium:

Kvalita plnicího média v soustavě musí odpovídat ÖNORM H5195 resp. VDI- směrnici 2035. Při použití nemrznoucí směsi etylénu nebo propylenglykolu je přípustný poměr smísení s upravenou vodou 25 - 50 % nemrznoucí směsi v celkovém obsahu média, přičemž je třeba se při zpracování řídit pokyny výrobce nemrznoucí směsi. Těsnění EPDM se mohou při kontaktu s mazivou na bázi minerálních látek poškodit a ztratit tak těsnicí schopnost.

Materiál a konstrukce

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Tělo | mosaz odolná proti vyplavování zinku CC770S |
| 2. Tělo membrány | mosaz CW602N |
| 3. Vřeteno | ušlechtilá ocel 14301 |
| 4. Membrána | EPDM |
| 5. O-kroužek | EPDM |
| 6. Tlaková pružina | pružinová ocel |
| 7. Impulzní vedení | měď Cu-DHP (CW024A) |
| 8. Vřeteno | ušlechtilá ocel 14301 |
| 9. Tlaková pružina | pružinová ocel |
| 10. Ochranný kryt | plast |


Příklad použití

HERZ regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil se používá ve vytápěcích nebo chladicích systémech s nuceným oběhem teplo/chlad přenosového média (s oběhovým čerpadlem). Automaticky omezují objemový průtok v soustavě za nimi podle požadovaného zvoleného průtoku na regulátoru. Z tohoto důvodu nejsou v systému třeba žádná měření a řízení objemového průtoku je účinné ve všech provozních stavech. Regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil reguluje objemový průtok podle přednastavení na konstantní hodnotu, přičemž membrána využívá k regulaci tlak bezprostředně za a před regulační kuželkou.

Přednastavení se vztahuje přímo k hmotnostnímu průtoku, na základě toho můžeme přímo při montáži nastavit maximální hmotnostní průtok podle diagramu. Umožníme tím vyvážení např. topných větví, chladicích okruhů, stropního vytápění nebo chlazení, příp. výměníků tepla ve vzduchotechnických jednotkách, bez ohledu na rozdělení tlaku a bez potřeby dalších regulačních zásahů.

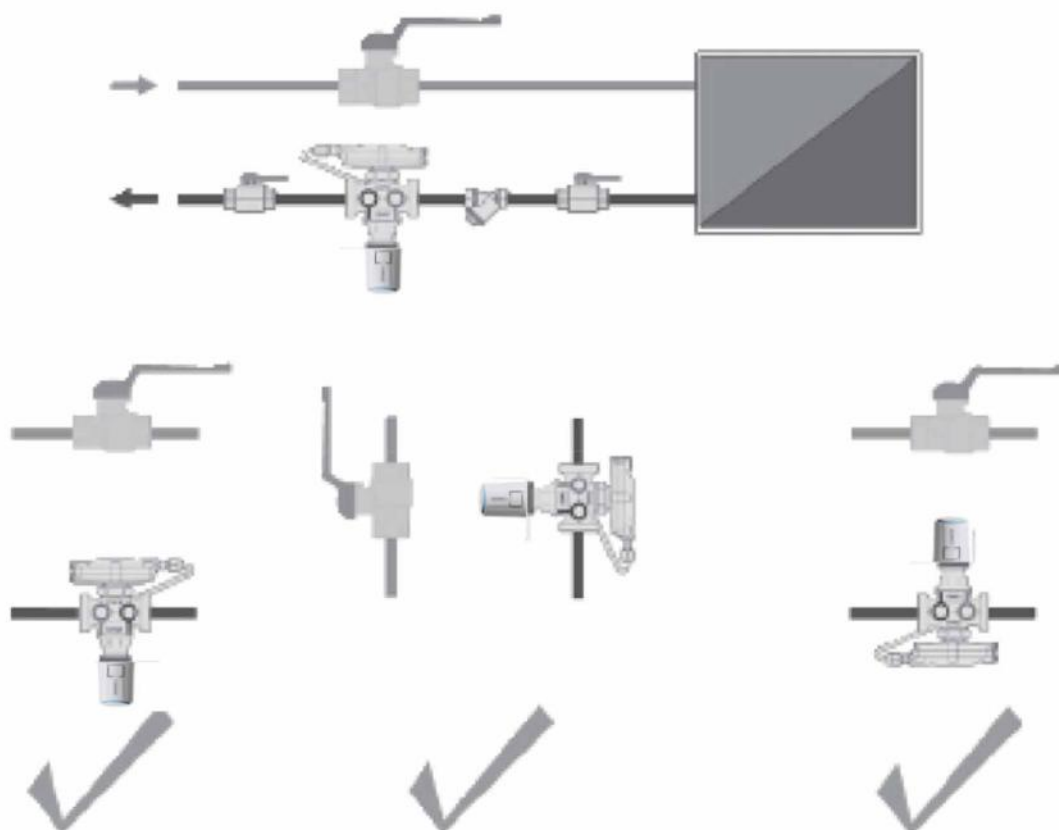
Doplnkové armatury

Jako doplněk regulátoru objemového průtoku se do příslušných přívodných potrubí zařazují šikmé uzavírací ventily STRÖMAX (4115 A), případně, pokud jsou vyžadována kontrolní měření hmotnostního průtoku, zařadí se regulační ventily s měřicími ventilkou STRÖMAX (4017 M, 4117 M 4217 GM).

Návod k montáži

HERZ regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil montujeme do vratného potrubí, montážní poloha je libovolná. Je třeba dodržet směr proudění média ventilem, který je na tělese ventilu vyznačený šipkou. Doporučujeme před a za ventil instalovat uzavírací armaturu. Regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil je možné uzavřít pomocí nastavovacího klíče 1 4006 02. Pomocí tohoto klíče můžeme nastavit požadovaný průtok, který je na ventilu uveden v procentech %. Otáčením ve směru hodinových ručiček snížíme hodnotu přednastavení až na min. 0% = červená plocha. Vzhledem k možnému nebezpečí zanesení nečistotami doporučujeme před regulátor ve směru toku média osadit filtr HERZ (4111) a min. jednou ročně zkontrolovat, zda není znečištěný. Před napuštěním systému je třeba jeho důkladným propláchnutím odstranit případné nečistoty, které se do systému dostaly během montáže.

Povolené montážní polohy regulátoru objemového průtoku



Příklad návrhu regulátoru objemového průtoku

Požadovaný objemový průtok spotřebičem je 300 l/h. Hledáme regulátor objemového průtoku, který má hodnotu objemového průtoku při 100% nastavení o něco vyšší. Do příkladu nám vyhovuje HERZ Regulátor objemového průtoku 4006 DN15, max. objemový průtok ventilem při nastavení 100% je 400 l/h.

Vypočítáme nastavení ventilu:

$$\frac{300 \text{ l/h}}{400 \text{ l/h}} \times 100\% = 75\%$$

Tzn., že ventil bude při požadovaném objemovém průtoku nastavený na hodnotu 75 %. Následná kontrolní měření nejsou potřeba. Důležité je mít na zřeteli, že pro správnou činnost ventilu je nutný minimální diferenční tlak pro ventil podle příslušného monogramu.

HERZ Regulátor objemového průtoku - kombinovaný ventil 4006 může být ovládán 2-bodovým nebo plynulým pohonem. Doporučujeme však použít k řízení ventilu pohon s plynulou regulací. V rychle pracujících systémech, jakými jsou chladicí a vzduchotechnické systémy je důležitá konstantní a energeticky úsporná regulace. Pouze armatury s pohony s plynulou regulací mohou dosáhnout maximální úspory energie.

Při plynulé regulaci je objemový průtok kontinuálně regulovaný s minimálními výkyvy mezi minimem a maximem regulovaného průtoku. Díky plynulé regulaci jsou i všechny ostatní součásti systému, až po oběhové čerpadlo, chráněny. 2-bodovou regulaci doporučujeme pro pomalu reagující systémy jako je např. podlahové vytápění.

HERZ Regulátory objemového průtoku - kombinované ventily 4006 mají oproti sériovému zapojení regulátoru objemového průtoku a regulátoru tlakové difference několik výhod, protože regulátor objemového průtoku omezuje průtok v závislosti na diferenčním tlaku v systému, zatímco diferenční tlak je proměnlivý. Pokud se při dosažení požadované teploty vzduchu v místnosti sníží množství vody, zvýší se diferenční tlak. Výsledný provozní bod je zcela odlišný od hydraulického vyvážení. To znamená, že sériové zapojení takových dvou ventilů je neúčinné, jeden „brání“ druhému v činnosti a naopak.

Ideální váha regulátoru objemového průtoku HERZ je „1“. V případě, že se váha ventilu pohybuje pod hodnotou 0,3, pracuje ventil jako 2-bodový - ON/OFF. K zajištění účinnosti a správného fungování systému je třeba, aby měl ventil váhu vyšší než 0,5 a byl na něm osazený pohon s plynulou regulací. Potom ventil 4006 HERZ vyrovnává odlišné diferenční tlaky a zároveň udržuje konstantní objemový průtok ke spotřebiči. Tím je vyloučeno nadměrné, resp. nedostatečné zásobování jednotlivých spotřebičů.

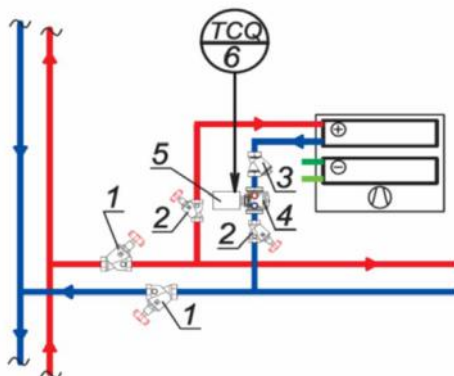
Ve stavebnictví je hydraulické vyvážení vždy důležitým tématem. Kombinované ventily 4006, 4006 SMART, 4206, 4206 SMART umožňují vybudování technických zařízení budov se snížením projekčních prací.

U systémů s vysokým počtem kombinovaných ventilů se doporučuje použít regulátor tlakové difference 4002, aby se předešlo problémům s hlukem, výskytem tlakových rázů a nestabilnímu provozu systému.

Příklad použití

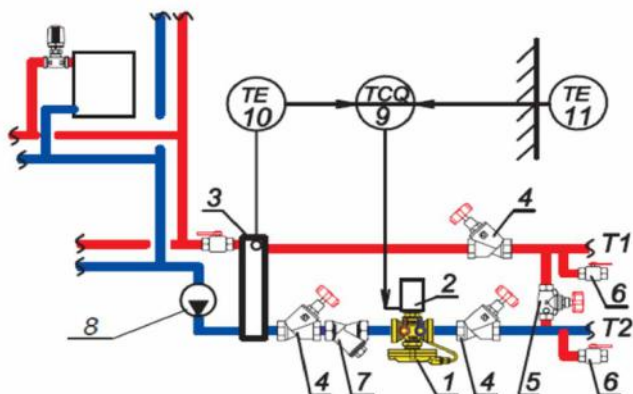
Kombinovaný ventil je zapojený v systému ohřevu tepelného výměníku jednotky FanCoil. Ve vratném potrubí každého FanCoilu je osazený kombinovaný ventil, který pracuje jako regulační a řídicí ventil.

Jednotka FanCoil ve 4-trubkovém zapojení



- 1,2. Uzavírací ventil Strömax A 4155
3. Filtr 4111
4. Kombiventil 4006 SMART
5. Termopohon 7990
6. Regulátor pro plynulou regulaci

Kombinovaný ventil použitý při hydraulickém vyrovnávači dynamických tlaků



1. Kombinovaný ventil 4006
2. Termopohon 7990
3. Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků
4. Uzavírací ventil Strömax A 4155
5. Vyvažovací ventil Strömax-GM 4217
6. Ventil Thermoflex 4119
7. Filtr 4111
8. Oběhové čerpadlo
9. Regulátor pro plynulou regulaci
10. Čidlo teploty topné vody
11. Čidlo vnější teploty vzduchu

Dimenzování

Vybereme ventil s nejmenší dimenzí, který zajistí potřebný jmenovitý průtok s dostatečnou bezpečnostní rezervou. Ventil by měl být nastavený do co nejotevřenější polohy.

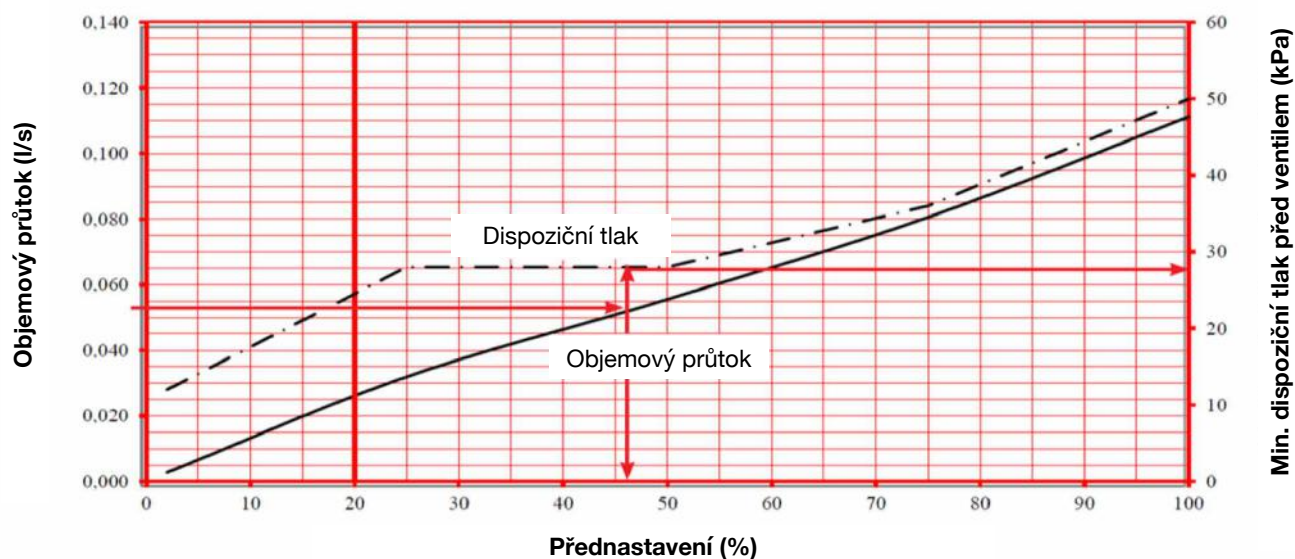
Pro výpočet objemového průtoku použijeme následující vzorec:

$$V = \frac{3,6 \times Q}{c \times \rho \times \Delta T}$$

kde:

V	objemový průtok	l/h
Q	tepelný výkon	kW
c	specifická tepelná kapacita média	kJ/kg.K
ρ	hustota média	kg/m ³
ΔT	teplotní spád v soustavě	K

Pomocí diagramu můžeme potom stanovit minimální diferenční tlak před ventilem (kPa) v závislosti na objemovém průtoku (l/h) a přednastavení ventilu v %.



Přednastavení

Nastavení regulátoru objemového průtoku je na ventilu vyznačené v procentech. Pomocí nastavovacího klíče 1 4006 02 je možné provést přednastavení, které jsme předtím odečetli z grafu. Zasunutím nastavovacího klíče na vysunutou osu a otáčením proti směru hodinových ručiček zvyšujeme aktuální nastavení, otáčením po směru hodinových ručiček snížíme aktuální nastavení a otáčením až na doraz se ventil uzavře.

Otáčení proti směru hodinových ručiček

Otáčení po směru hodinových ručiček

Nastavovací klíč 1 4006 02









Měření na ventilu

Ventil připojíme pomocí vsuvek k měřicímu přístroji, zadáme v přístroji typ ventilu a nastavení a zobrazí se nám aktuální průtok.

Příslušenství

Obj. číslo	Dim.	Popis	Obrázek
1 7990 31	15-50	HERZ Termopohon pro plynulou regulaci, M 28x1,5, řídicí signál 0...10 V / DC, zdvih 5 mm, modrý adaptér s přípojovacím závitem M 28x1,5, zásuvný systém, kabel volně přibalený, koncový spínač, uzavírací síla 100 N, 1,2 wattů, provozní napětí 24 V / AC,	
1 7990 32	15-50	HERZ Termopohon pro plynulou regulaci, M 28x1,5, řídicí signál 0...10 V / DC, zdvih 6,5 mm, modrý adaptér s přípojovacím závitem M 28x1,5, zásuvný systém, kabel volně přibalený, koncový spínač, uzavírací síla 100 N, 1,2 wattů, provozní napětí 24 V / AC, se samokalibrovací funkcí	
1 7708 40	15-50	HERZ Elektromotorický pohon, adaptér modré barvy s přípojovacím závitem M 28x1,5, uzavírací síla 200 N, max. nastavovací dráha 8,5 mm, Provozní napětí 24 V / AC, typ regulace: 3-bodová	
1 7708 41	15-50	HERZ Elektromotorický pohon, adaptér modré barvy s přípojovacím závitem M 28x1,5, uzavírací síla 200 N, max. nastavovací dráha 8,5 mm, Provozní napětí 230 V / AC, typ regulace: 3-bodová	
1 7708 42	15-50	HERZ Elektromotorický pohon, adaptér modré barvy s přípojovacím závitem M 28x1,5, uzavírací síla 200 N, max. nastavovací dráha 8,5 mm, Provozní napětí 24 V / AC, typ regulace: plynulá, řídicí signál 0 ...10 V / DC	
1 7708 46	15-50	HERZ Elektromotorický pohon, adaptér modré barvy s přípojovacím závitem M 28x1,5, uzavírací síla 200 N, max. nastavovací dráha 8,5 mm, Provozní napětí 24 V / AC, typ regulace: plynulá, řídicí signál 0 ...10 V / DC, se samokalibrovací funkcí	
1 4006 02	15-50	Přednastavovací klíč pro regulátory objemového průtoku HERZ 4006 / 4206	

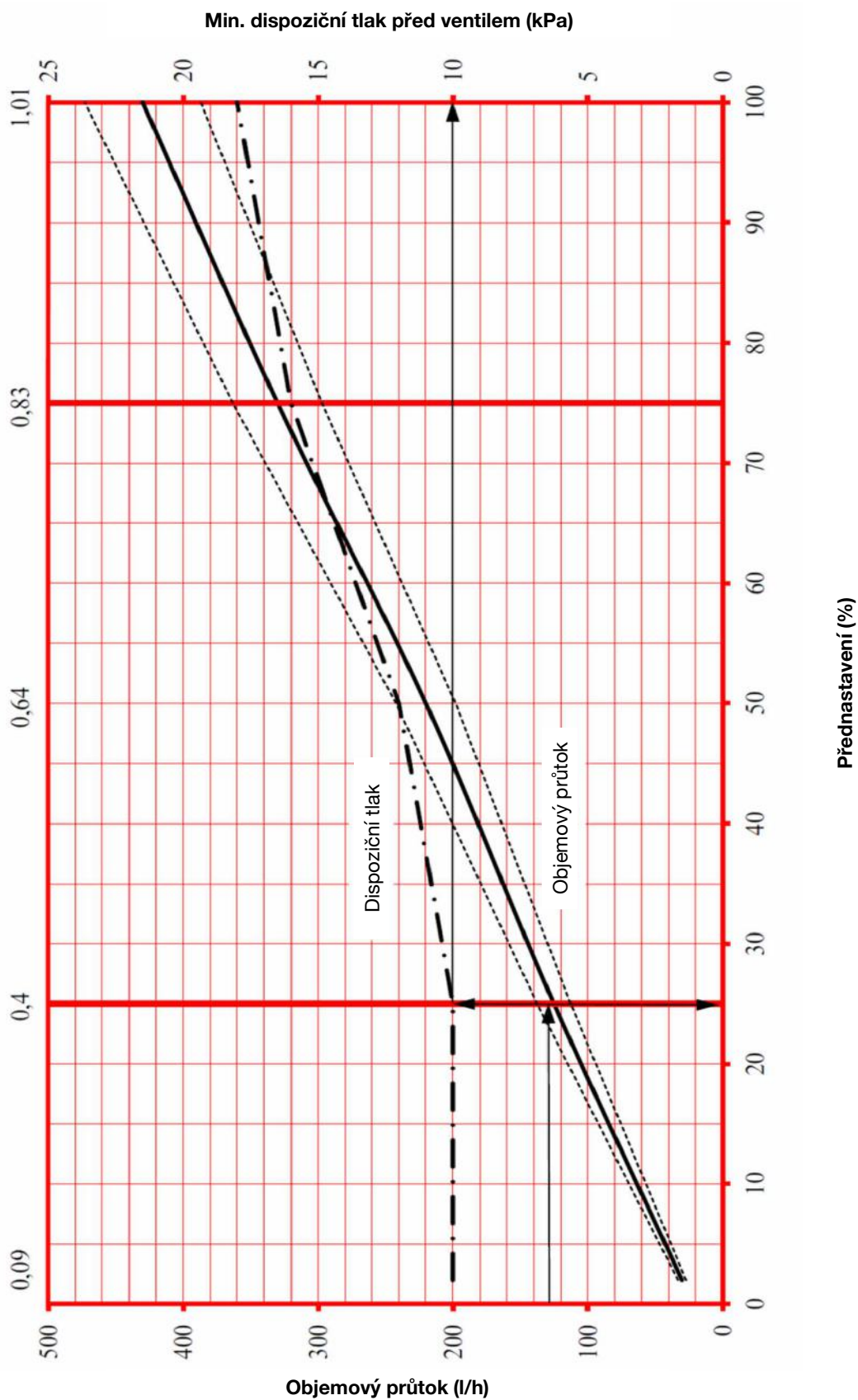
 Náhradní díly

Obj. číslo	Dim.	Popis	Obrázek
1 0284 01	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 02	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, červená krytka (přívod)	
1 0284 11	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, dlouhé provedení pro tloušťku izolace 40 mm, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 12	1/4	Ventil pro rychlé měření, žluté provedení, dlouhé provedení pro tloušťku izolace 40 mm, červená krytka (přívod)	
1 0284 21	1/4	Měřicí ventilek s vypouštěním, žluté provedení, modrá krytka (zpátečka)	
1 0284 22	1/4	Měřicí ventilek s vypouštěním, žluté provedení, červená krytka (přívod)	
1 0284 00		Sada monitorování tlaku pro ventily rychlého měření	

Veškeré údaje uvedené v tomto dokumentu odpovídají informacím předloženým v době tisku a nemusí být úplné. Změny ve smyslu technického vývoje jsou vyhrazeny. Vyobrazení jsou jen symbolická, a proto se od skutečných výrobků mohou lišit. Možné barevné odchylky jsou způsobeny tiskem. Výrobky se mohou v různých zemích lišit. Změny technických specifikací a funkce jsou vyhrazeny. S případnými dotazy se prosím obraťte nejbližší pobočku společnosti HERZ.

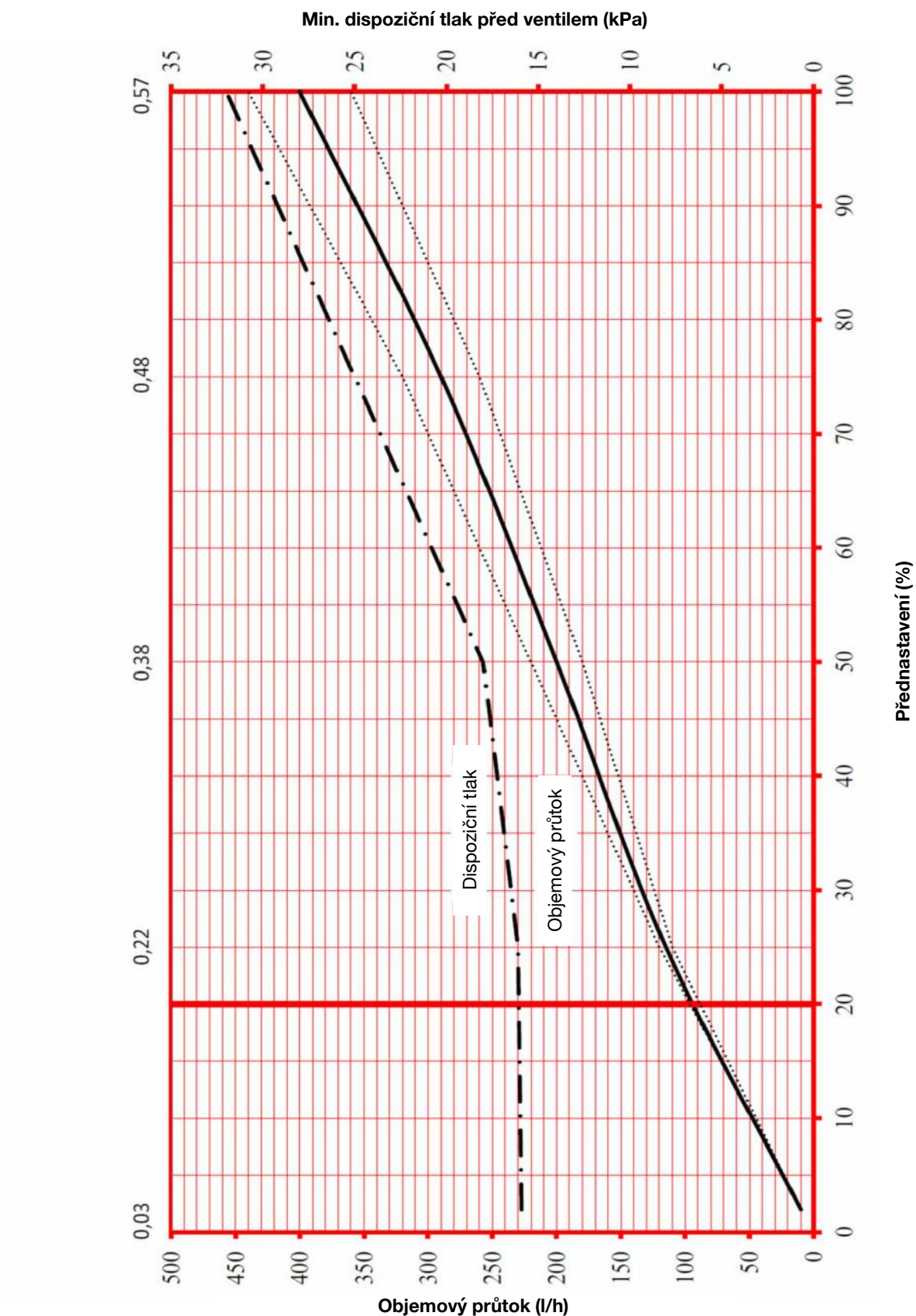
Nomogramy

Nomogram pro DN15 - 1 4006 11 / 1 4206 11 / 1 4006 41 / 1 4206 41



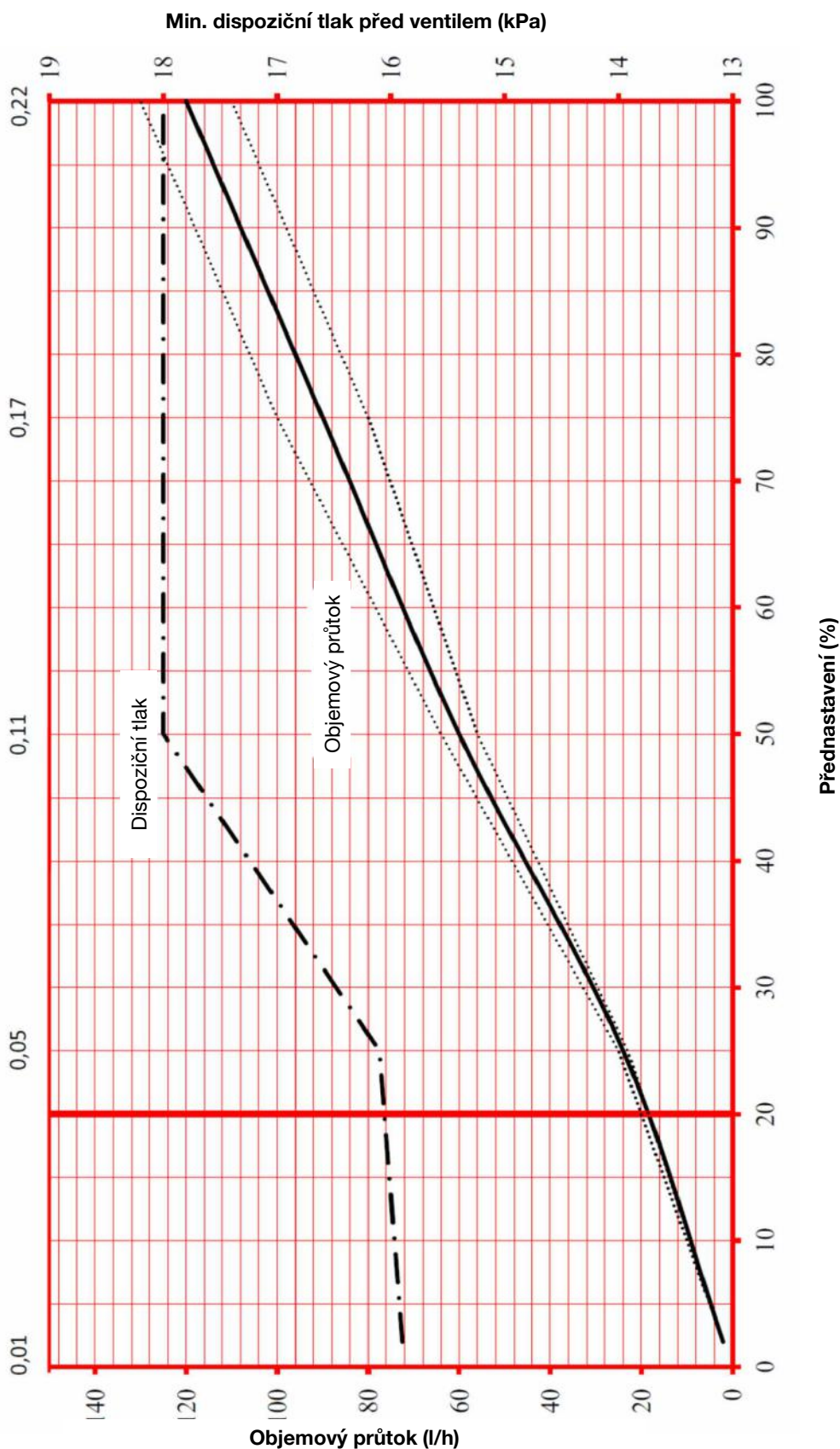
Nomogramy

Nomogram pro DN15 SMART- 1 4006 21 / 1 4206 21 / 1 4006 61 / 1 4206 61



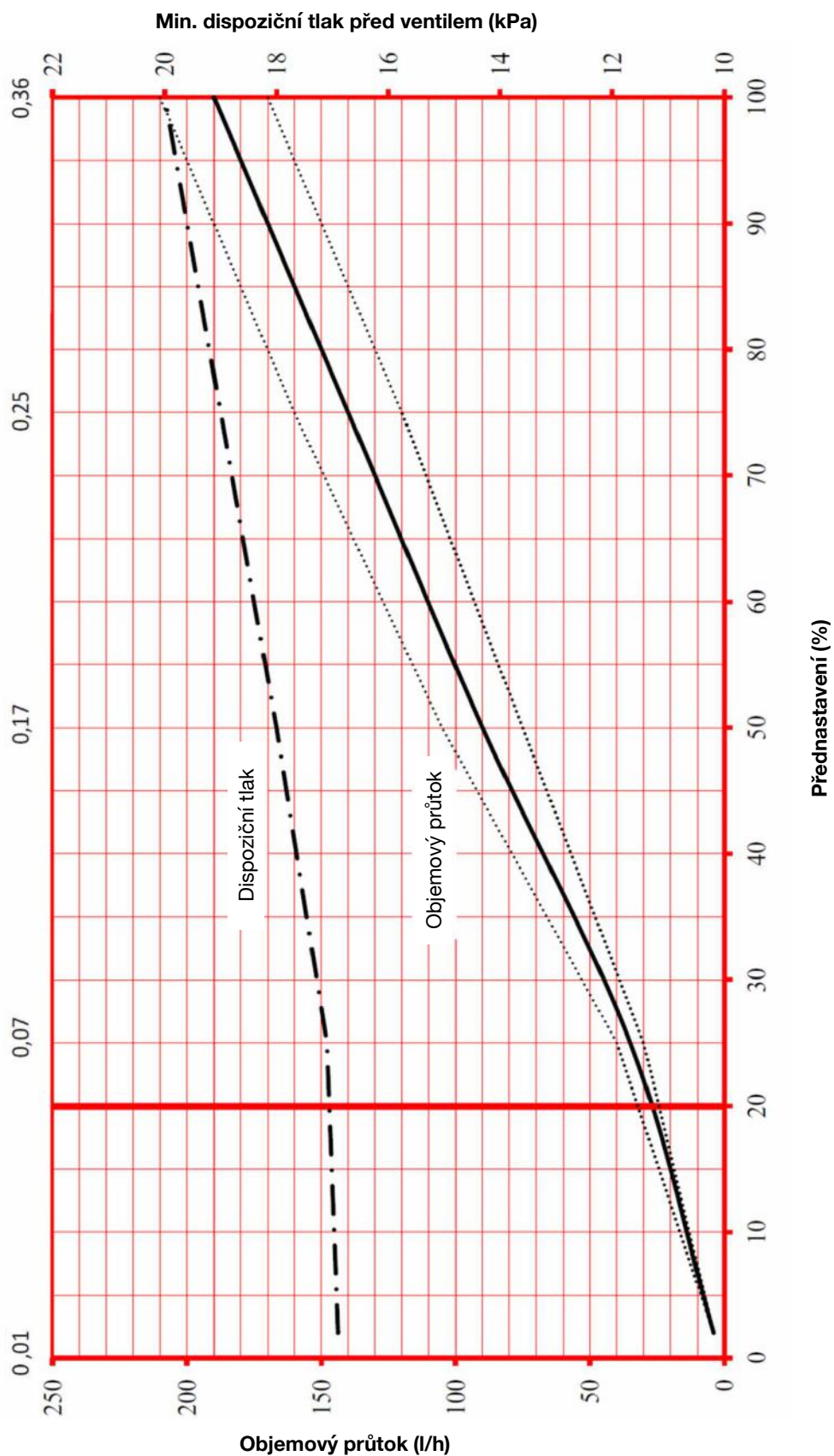
Nomogramy

Nomogram pro DN15LF SMART- 1 4006 20 / 1 4206 20 / 1 4006 60 / 1 4206 60



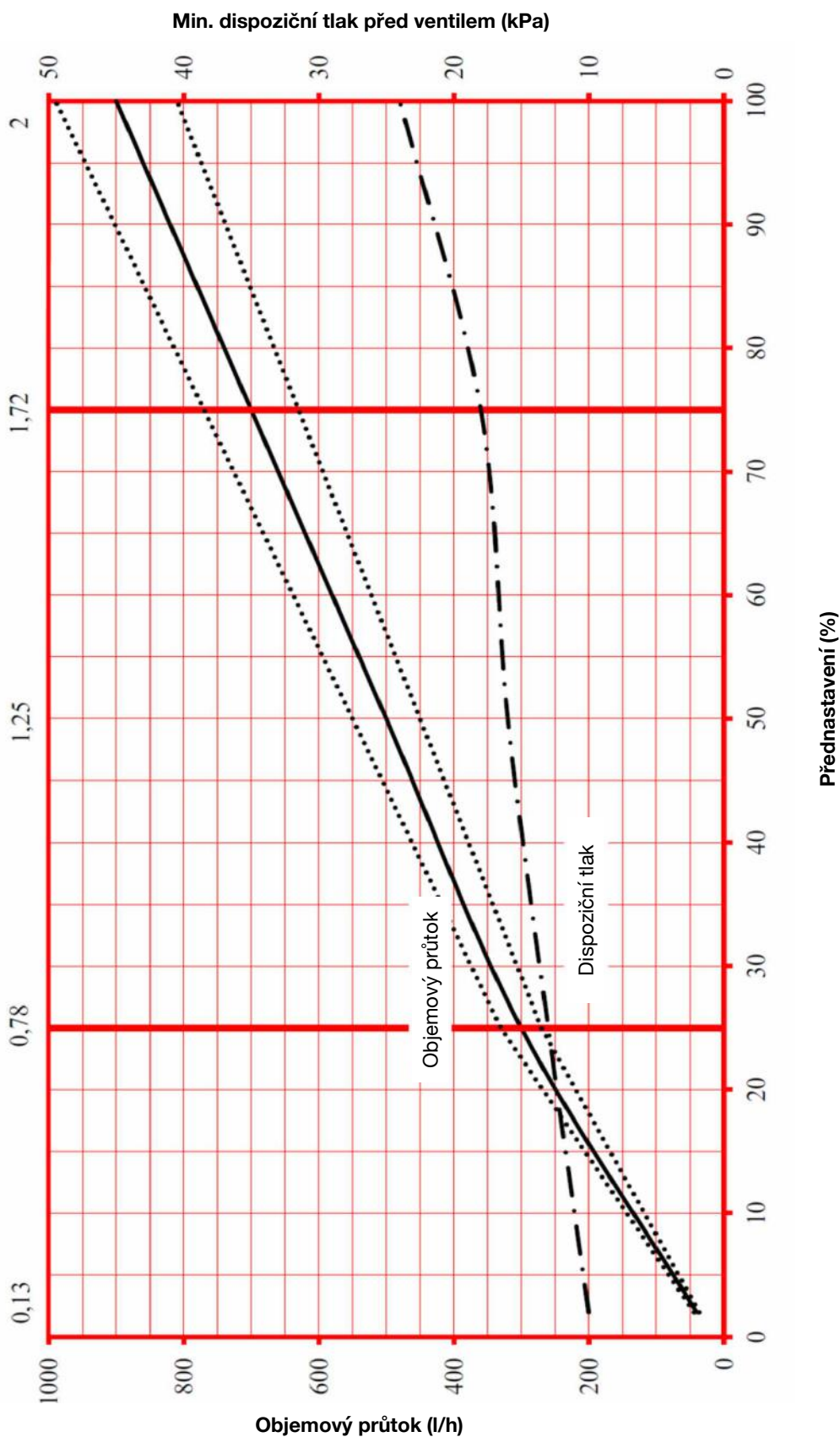
Nomogramy

Nomogram pro DN15MF SMART- 1 4006 29 / 1 4206 29 / 1 4006 69 / 1 4206 69



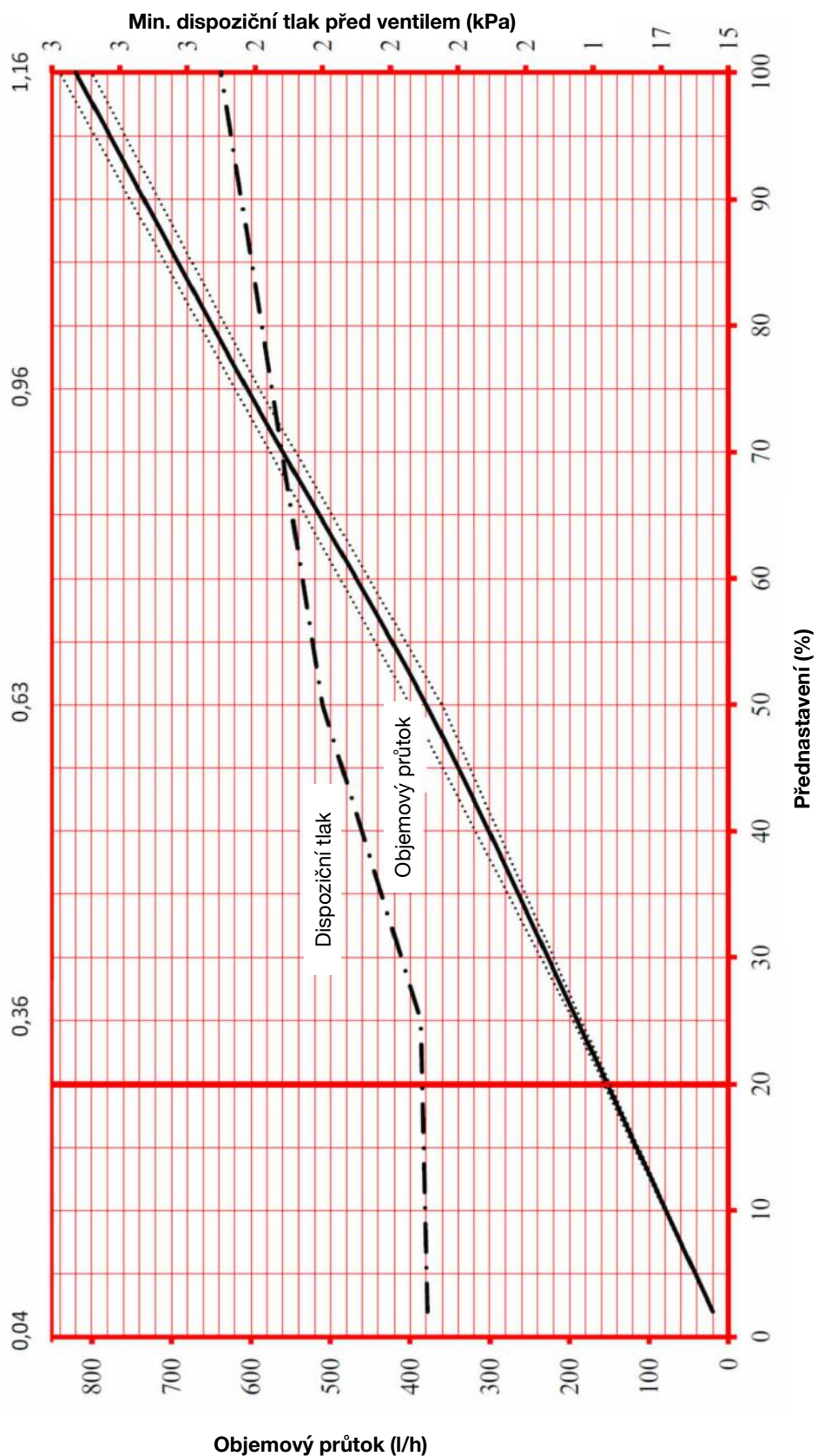
Nomogramy

Nomogram pro DN20 - 1 4006 12 / 1 4206 12 / 1 4006 42 / 1 4206 42



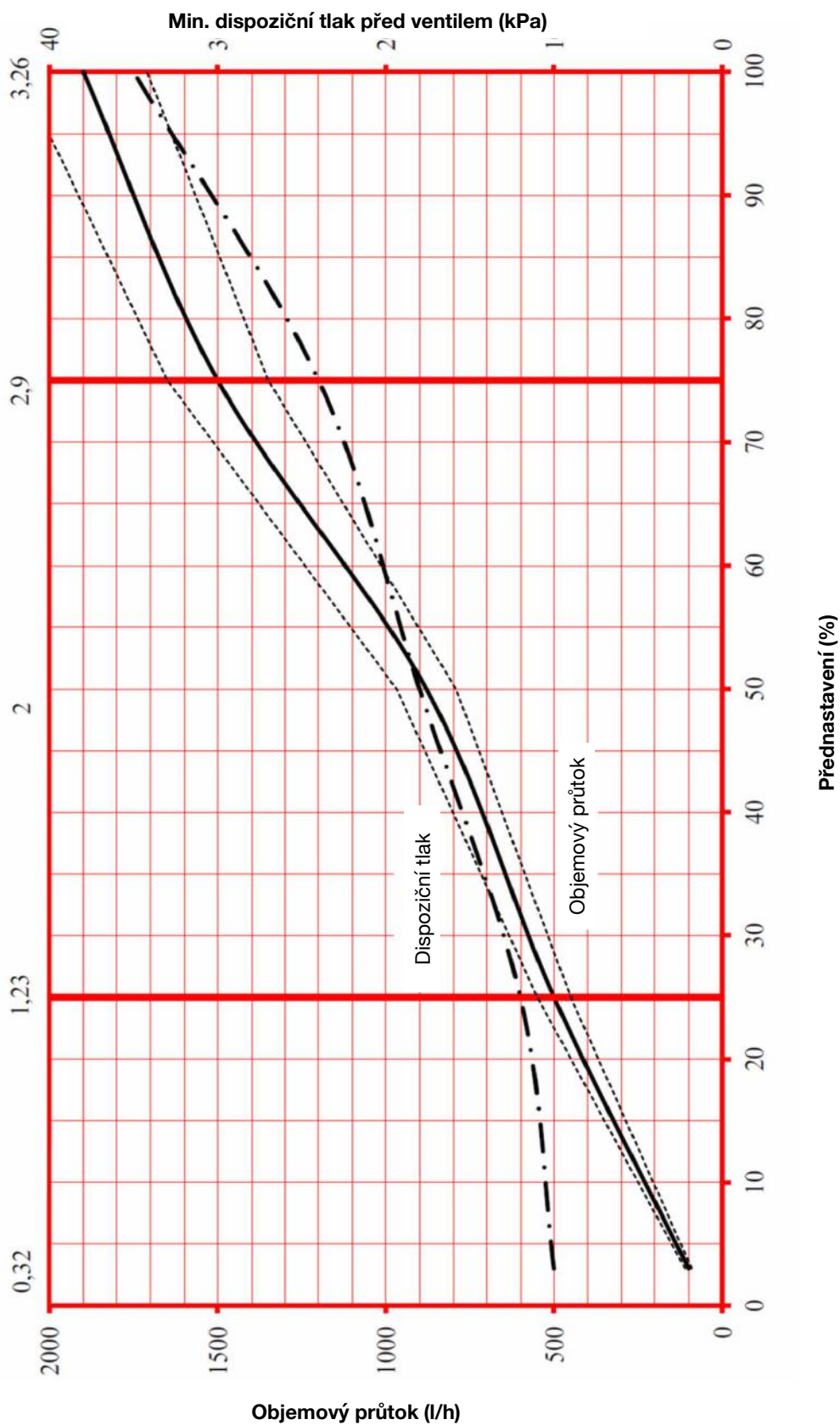
Nomogramy

Nomogram pro DN20 SMART - 1 4006 22 / 1 4206 22 / 1 4006 62 / 1 4206 62



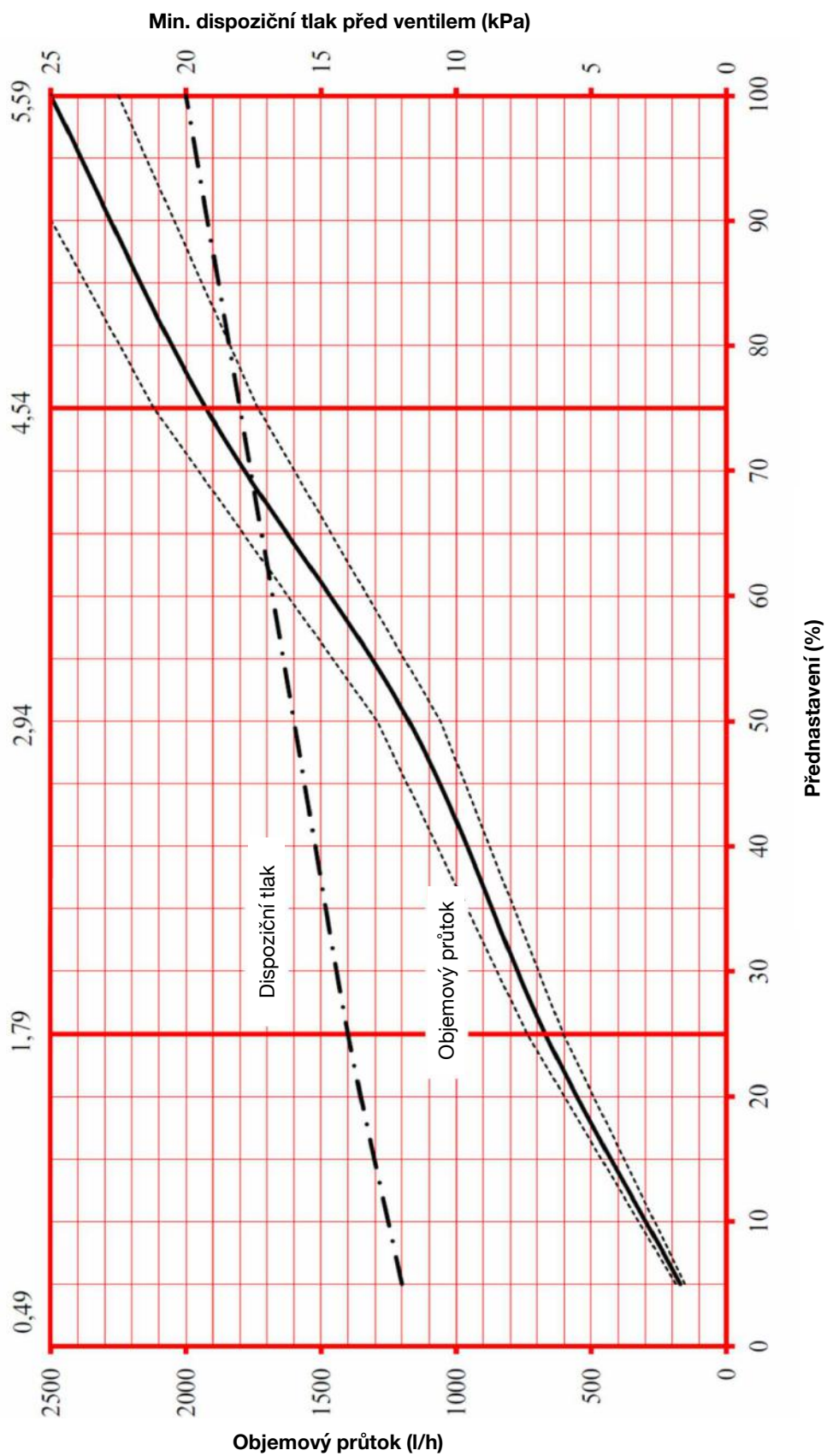
Nomogramy

Nomogram pro DN25 - 1 4006 13 / 1 4206 13 / 1 4006 43 / 1 4206 43



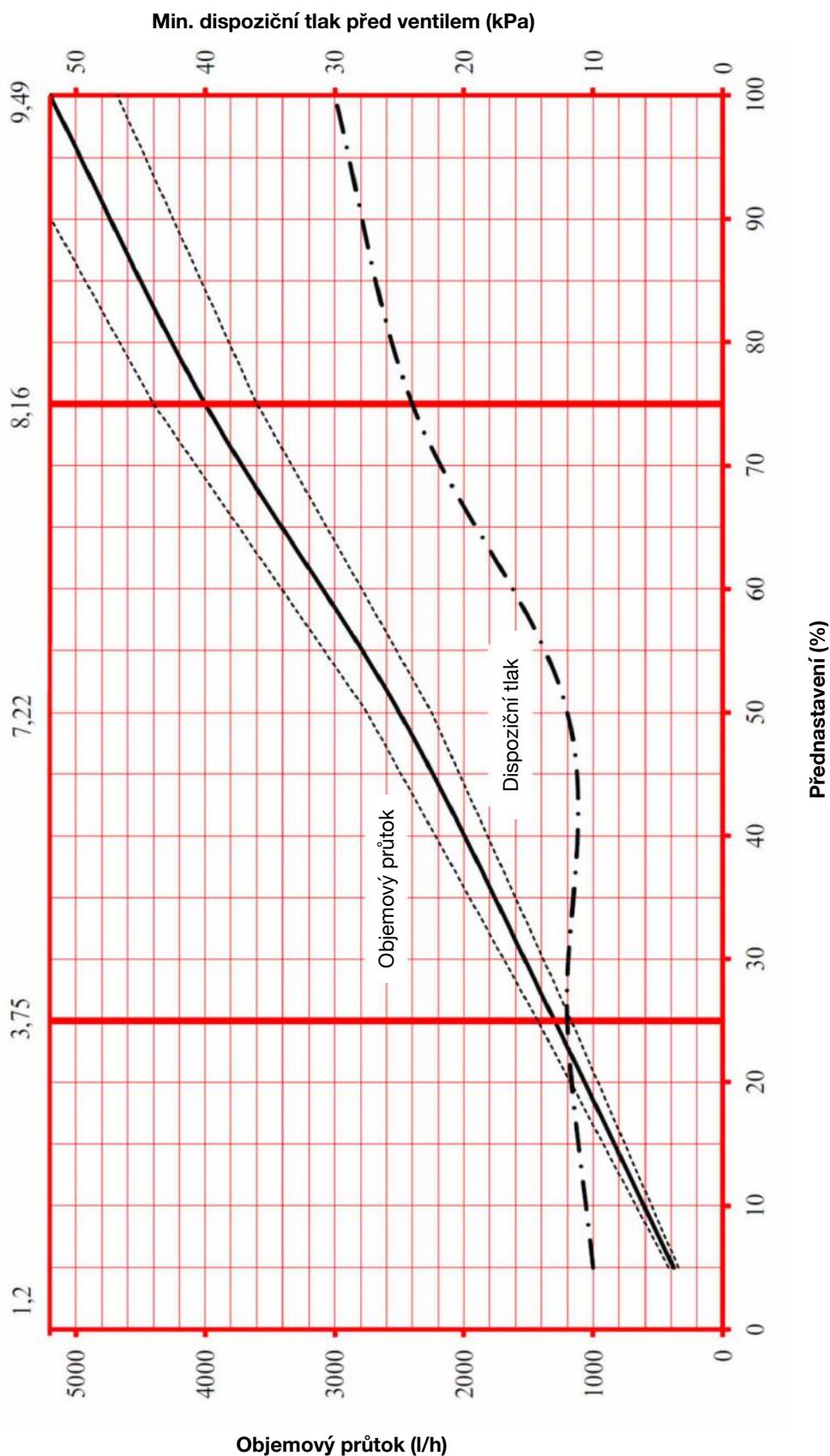
Nomogramy

Nomogram pro DN32 - 1 4006 14 / 1 4206 14 / 1 4006 44 / 1 4206 44



Nomogramy

Nomogram pro DN40 - 1 4006 15 / 1 4206 15 / 1 4006 45 / 1 4206 45



Nomogramy

Nomogram pro DN50 - 1 4006 16 / 1 4206 16 / 1 4006 46 / 1 4206 46

